

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

OSOBNÍ VÝTAH S NOSNOSTÍ 550 KG

PASSENGER ELEVATOR WITH CAPACITY OF 550 KG

Student :

Bc. Matěj Bordovský

Vedoucí diplomové práce :

Ing. Robert Brázda, Ph.D

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Matěj Bordovský**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem**
Téma: **Osobní výtah s nosností 550 kg**
Passenger Elevator with Capacity of 550 kg
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte konstrukční návrh osobního elektrického výtahu s důrazem na pohon.
2. Proveďte kompletní konstrukční návrh s vypracováním kompletní výkresové dokumentace pro výrobu a montáž této sestavy.

Proveďte:

- a) rešerši pohonů elektrických osobních výtahů;
- b) zhodnocení a výběr optimální varianty pohonu a skladby osobního výtahu;
- c) statický výpočet uložení pohonu výtahu ve strojovně;
- d) potřebné pevnostní a kapacitní výpočty;
- e) výkresovou dokumentaci pro výrobu a montáž osobního výtahu s ohledem na bezpečnost pasažérů.

Zadáno:

- a) rychlost zdvihu $v = 1 \text{ m.s}^{-1}$
- b) výška dopravy $\text{patra } -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$
- c) průchozí kabina osobního výtahu
- d) bezpřevodový motor pohonu výtahu
- e) další hodnoty volte dle potřeby a dle příslušných norem.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2001, ISBN 80-248-0043-8
- Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X
- Polák, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení III. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0963-X
- Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení IV. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0537-5
- ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. srpen 1997. 36 s.
- ČSN 27 4002 - Bezpečnostní předpisy pro výtahy. Provoz a servis výtahů
- ČSN EN 81-1+A3 - Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž osobních a nákladních a malých nákladních výtahů - Část 1: Elektrické výtahy
- ČSN EN 81-21+A1 - Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Výtahy pro dopravu osob a nákladů - Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů v existujících budovách
- ČSN ISO 7465 - Osobní a malé nákladní výtahy - Vodítka klecí a vyvažovacích závaží typu T
- ČSN ISO 4344 - Ocelová lana pro elektrické výtahy

a další příslušné normy.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Brázda, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry


A handwritten signature in blue ink, likely belonging to doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2016


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 ods. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- souhlasím s tím, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 ods. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě...16.5.2016


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Matěj Bordovský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Paskovská 550/43, Ostrava-Hrabová, 720 00

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Robertu Brázdovi, Ph.D. za přímé vedení při vypracování této diplomové práce a za cenné připomínky a rady, které jsem rovněž použil při vypracování této diplomové práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu při studiu na vysoké škole.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BORDOVSKÝ, M. Osobní výtah s nosností 550 kg, Ostrava: Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2016, 86 s., Vedoucí práce: Ing. Robert Brázda, PhD.

V mé diplomové práci jsem měl za úkol navrhnout osobní výtah s nosností 550 kg. V první kapitole své práce se zaměřuji na různé typy výtahů z hlediska pohonu, konstrukce a účelu. Dále se věnuji popisu částí výtahů, které jsou nezbytné k bezpečnému provozu. V praktické části diplomové práce se věnuji výpočtům jednotlivých komponentů a volbě vhodného výtahové stroje. Většinu výpočtů dělám pomocí normy ČSN EN 81-1+A3. Po navržení všech částí jsem vypracoval technickou dokumentaci.

ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS

BORDOVSKÝ, M. Passenger Elevator with Capacity of 550 kg: Ostrava: Master's Thesis. VŠB – Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Transport, 2016, 86 p., Thesis head: Ing. Robert Brázda, PhD.

The task of the thesis was a project of a passenger elevator with capacity of 550 kg. The first part of the thesis is focused on different types of elevators from the point of drive, construction and purpose. The parts of elevators which are necessary for the safe working are also described. Calculations of the individual components and choice of the suitable elevator machine can be found in the practical part of the thesis. Most of the calculations were done by following ČSN EN 81-1+A3 norm. After designing of all the parts the technical documentation was formulated.

OBSAH

SEZNAM POŽITÉHO ZNAČENÍ.....	13
1. ÚVOD.....	18
2. VERTIKÁLNÍ PŘEPRAVA.....	18
2.1. DEFINICE VÝTAHU	18
2.2. HISTORIE VÝTAHŮ	19
2.3. ROZDĚLENÍ VÝTAHŮ	19
3. HYDRAULICKÉ VÝTAHY.....	20
4. ELEKTRICKÉ VÝTAHY.....	22
4.1. Historie a rozdělení elektrických výtahů	22
4.2. Hlavní části elektrického výtahu.....	23
4.2.1. Šachta výtahu.....	23
4.2.2. Strojovna výtahu	24
4.2.3. Klec.....	25
4.2.4. Vyvažovací závaží	26
4.2.5. Hnací lanový kotouč	26
4.2.6. Nosné prostředky výtahů	27
4.2.7. Vodítka.....	32
4.2.8. Omezovač rychlosti	33
4.2.9. Nárazníky.....	35
4.2.10. Zachycovače	35
4.2.11. Výtahový stroj.....	39
5. POHONY ELEKTRICKÝCH VÝTAHŮ.....	40
5.1 Trakční pohon.....	40
5.1.1 Převodové asynchronní pohony.....	40
5.1.2. Bezpřevodové synchronní pohony.....	41

5.1.3. Bubnový pohon.....	42
6. VÝBĚR VARIANTY ŘEŠENÍ.....	43
7. TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY.....	44
7.1. STANOVENÍ POČTU OSOB.....	44
7.2. VOLBA PROTIZÁVAŽÍ	45
7.2.1. Hmotnost nezatížené klece	45
7.2.2. Hmotnost protizávaží	45
7.3. VÝPOČET VODÍTEK	46
7.3.1. Zatěžovací síly	46
7.3.2. Namáhání v ohybu-působení zachycovačů.....	47
7.3.3. Vzpěr.....	49
7.3.4. Kombinované namáhání ve vzpěru a ohybu	50
7.3.5. Ohyb příruby vodítka.....	52
7.3.6. Průhyb vodítka.....	52
7.3.7. Normální provoz – jízda	53
7.3.8. Normální provoz – NAKLÁDÁNÍ.....	56
8. KONTROLA TRAKCE.....	60
8.1. NAKLÁDÁNÍ – plná klec dole	60
8.1.1. Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky	60
8.1.2. Součinitel tření	61
8.1.3. Faktor tření.....	61
8.1.4. Síla na straně klece	61
8.1.5. Síla na straně protiváhy.....	61
8.1.6. Kontrola trakční schopnosti	62
8.2. NAKLÁDÁNÍ – Plná klec nahoře.....	62
8.2.1. Síla na straně klece	62
8.2.2. Síla na straně protiváhy.....	63

8.2.3. Kontrola trakční schopnosti	63
8.3. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Plná klec, směr dolů	63
8.3.1. Síla na straně klece	63
8.3.2. Síla na straně protiváhy	64
8.3.3. Kontrola trakční schopnosti	64
8.4. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Plná klec, směr nahoru	64
8.4.1. Síla na straně klece	64
8.4.2. Síla na straně protiváhy	65
8.4.3. Kontrola trakční schopnosti	65
8.5. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Prázdná klec, směr dolů	65
8.5.1. Síla na straně klece	65
8.5.2. Síla na straně protiváhy	65
8.5.3. Kontrola trakční schopnosti	66
8.6. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Prázdná klec, směr nahoru	66
8.6.1. Síla na straně klece	66
8.6.2. Síla na straně protiváhy	66
8.6.3. Kontrola trakční schopnosti	67
9. KONTROLA TLAKU V DRÁŽCE TŘECÍHO KOTOUČE.....	67
9.1. Minimální průměr třecího kotouče	67
9.2. Dovolенý tlak v drážce třecího kotouče	68
9.3. Tlak v drážce třecího kotouče	68
10. VÝPOČET NÁRAZNÍKU KABINY.....	69
10.1. Kontrola nárazníku klece	69
10.1.1. Statická síla působící na jeden nárazník	69
10.1.2. Kontrola účinnosti nárazníku	69
10.1.3. Výpočet nárazníku kabiny	70
11. VÝPOČET NÁRAZNÍKU PROTIVÁHY.....	70

11.1. Kontrola nárazníku protiváhy	70
11.1.1. Statická síla působící na jeden nárazník	70
11.1.2. Kontrola účinnosti nárazníku	71
12. LANA.....	71
12.1. Parametry lana	71
12.2. Zaručená nosnost lana.....	72
12.3. Dovolенý součinitel bezpečnosti lan	72
12.4. Stanovení součinitele bezpečnosti nosných lan	73
12.5. Ekvivalentní počet hnacích kotoučů	73
12.6. Ekvivalentní počet lanových kladek	73
12.6.1. Poměr průměrů třecího kotouče a kladky	73
12.7. Ekvivalentní počet odkláněcích kladek	74
12.8. Minimální součinitel bezpečnosti lan	74
13. VÝPOČET A VOLBA VÝTAHOVÉHO STROJE.....	74
13.1. Potřebný příkon výtahového stroje	75
13.2. Rozdíl tahů v nejnepříznivější poloze (Nouzové zast.- plná klec, směr dolů)... 75	
13.3. Točivý moment	75
13.4. Maximální a minimální zpomalení klece.....	76
14. STATICKE VÝPOČTY.....	79
14.1. Výpočet průhybu nosníku pod výtahovým strojem	79
14.2. Výpočet šroubů uchycení odváděcí kladky	80
15. ZÁVĚR.....	83
16. ZDROJE.....	84

SEZNAM POŽITÉHO ZNAČENÍ

A	Průřez vodítka	[mm ²]
D _p	Střední průměr všech kladek	[mm]
D _t	Průměr třecího kotouče	[mm]
E	Modul pružnosti	[MPa]
F	Síla zatěžující nosník	[N]
F _k	Vzpěrná síla způsobená klecí	[N]
F _{min}	Minimální síla při přetržení nosných lan	[N]
F _s	Zatížení prahu	[N]
F _{ss}	Tažná síla v laně pro nejnepríznivější stav	[N]
F _{snk}	Statická síla působící na jeden nárazník klece	[N]
F _{snp}	Statická síla působící na jeden nárazník protiváhy	[N]
F _x	Namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech	[N]
F _{xj}	Nam. na ohyb k ose Y vodítka silami ve vod. čelistech – Jízda	[N]
F _{xn}	Nam. na ohyb k ose Y vodítka silami ve vod. čelistech – Nakládání	[N]
F _{xs}	X-ová složka síly	[N]
F _y	Nam. na ohyb k ose X vodítka silami ve vod. čelistech	[N]
F _{yj}	Nam. na ohyb k ose X vodítka silami ve vod. čelistech – Jízda	[N]
F _{yn}	Nam. na ohyb k ose vodítka silami ve vod. čelistech – Nakládání	[N]
F _{ys}	Y-ová složka síly	[N]
F _l	Celková síla v ose Y	[N]
H	Zdvih výtahu	[m]
I _x	Moment setrvačnosti k ose X	[m ⁴]
I _{xn}	Moment setrvačnosti k ose X nosníku „U“	[m ⁴]
I _y	Moment setrvačnosti k ose Y	[m ⁴]
K _l	Součinitel bezpečnosti nosných lan	[-]
K _{min}	Minimální součinitel bezpečnosti lan	[-]
K _p	Poměr průměrů třecího kotouče a kladky	[-]
M	Síla způsobená pomocnými zařízeními na jedno vodítko	[N]
M _k	Točivý moment motoru	[N·m]
M _x	Ohybový moment k ose X	[N·m]
M _{xj}	Ohybový moment k ose X – Jízda	[N·m]
M _{xn}	Ohybový moment k ose X – Nakládání	[N·m]
M _y	Ohybový moment k ose Y	[N·m]

M_{yj}	Ohybový moment k ose Y – Jízda	[N·m]
M_{yn}	Ohybový moment k ose Y – Nakládání	[N·m]
$N_{equiv(t)}$	Ekvivalentní počet hnacích kotoučů	[-]
N_{equiv}	Ekvivalentní počet odkláněcích kladek	[-]
$N_{equiv(p)}$	Ekvivalentní počet lanových kladek	[-]
N_{pr}	Počet kladek se střídavým ohybem	[-]
N_{ps}	Počet kladek s ohybem ve stejném směru	[-]
P	Hmotnost prázdné klece a příslušenství	[kg]
P_{mech}	Mechanický výkon	[kW]
P_p	Potřebný výkon pohonu	[kW]
Q	Jmenovité zatížení	[kg]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
S	Plocha šroubu	[mm ²]
T	Tlak v drážce třecího kotouče	[N]
T_{max}	Rozdíl tahů v nejnepříznivější poloze	[N]
$T_{1NZplsd}$	Síla na straně klece (nouzové zastavení, plná klec, směr dolů)	[N]
$T_{1NZplsn}$	Síla na straně klece (nouzové zastavení, plná klec, směr nahoru)	[N]
T_{1Npld}	Síla na straně klece (nakládání, plná klec dole)	[N]
T_{1Npln}	Síla na straně klece (nakládání, plná klec nahoře)	[N]
$T_{2NZplsd}$	Síla na straně protiváhy (nouz. zastavení, plná klec, směr dolů)	[N]
$T_{2NZplsn}$	Síla na straně protiváhy (nouz. zastavení, plná klec, směr nahoru)	[N]
T_{2Npld}	Síla na straně protiváhy (nakládání, plná klec dole)	[N]
T_{2Npln}	Síla na straně protiváhy (nakládání, plná klec nahoře)	[N]
W_y	Moment odporu k ose Y	[m ³]
W_x	Moment odporu k ose X	[m ³]
Z	Hmotnost protizávaží	[kg]
a	Zrychlení motoru	[m/s ²]
a_n	Rozměr nosníku	[m]
a_p	Zpomalení klece	[m/s ²]
b_n	Rozměr nosníku	[m]
c	Krk vodítka	[mm]
c_2	Součinitel drážky	[-]
c_{11}	Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky	[-]

d_l	Průměr lana	[mm]
d_3	Nejmenší průměr závitu šroubu	[mm]
e	Eulerovo číslo	[-]
f_V	Součinitel tření pro „V“ drážku	[-]
g_N	Gravitační zrychlení	[m/s ²]
h	Svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi	[m]
i	Počet nosníků	[-]
i_k	Lanový převod klece	[-]
i_z	Lanový převod protiváhy	[-]
k_1, k_2, k_3	Součinitel rázu	[-]
l	Největší vzdálenost mezi kotvami vodítek	[m]
ln	Rozměr nosníku	[m]
m	Hmotnost zatěžující nosník	[kg]
m_k	Hmotnost prázdné klece	[kg]
m_m	Hmotnost výtahového stroje	[kg]
m_p	Hmotnost protiváhy	[kg]
m_Q	Hmotnost břemena a prázdné klece	[kg]
m_{max}	Maximální zatížení nárazníku	[kg]
m_{min}	Minimální zatížení nárazníku	[kg]
m_{pk}	Hmotnost příslušenství klece	[kg]
n	Počet vodítek	[-]
n_l	Počet lan	[-]
n_{nk}	Počet nárazníku klece	[-]
n_{np}	Počet nárazníku protiváhy	[-]
p_{DOV}	Dovolený tlak v drážce třecího kotouče	[MPa]
p_V	Tlak v drážce hnacího kotouče	[MPa]
q_l	Metrová hmotnost lana	[kg/m]
s	Dráha, na které zastaví zachycovač	[m]
t	Doba brzdění při vybavení zachycovači	[s]
v	Jmenovitá rychlost výtahu	[m/s]
v_1	Konečná rychlost po zachycení klece	[m/s]
v_2	Vybavovací rychlost zachycovače	[m/s]
v_z	Rychlost pro vybavení zachycovačů	[m/s]
x_i	x-ová souřadnice klecových dveří	[mm]
x_P	x-ová souřadnice těžiště a hmotnosti klece P k vodítku	[mm]

x_s	x-ová souřadnice bodu závěsu S k vodítku	[mm]
x_Q	x-ová souřadnice těžiště jmenovitého zatížení Q k vodítku	[mm]
y	Průhyb nosníků	[mm]
y_i	y-ová souřadnice klecových dveří	[mm]
y_P	y-ová souřadnice těžiště a hmotnosti klece P k vodítku	[mm]
y_S	y-ová souřadnice bodu závěsu S k vodítku	[mm]
y_Q	y-ová souřadnice těžiště jmenovitého zatížení Q k vodítku	[mm]
α	Úhel opásání lana	[°]
α_s	Úhel působení tažné síly v lanech	[°]
β	Úhel zářezu	[°]
γ	Úhel klínu	[°]
δ_{DOV}	Maximální možný průhyb vodítka	[mm]
δ_x	Průhyb vodítka v ose X	[mm]
δ_{xj}	Průhyb vodítka v ose X při jízdě	[mm]
δ_{xn}	Průhyb vodítka v ose X při nakládání	[mm]
δ_y	Průhyb vodítka v ose Y	[mm]
δ_{yj}	Průhyb vodítka v ose Y při jízdě	[mm]
δ_{yn}	Průhyb vodítka v ose Y při nakládání	[mm]
$\eta_{šachty}$	Účinnost šachty	[-]
η_c	Celková účinnost	[-]
$\eta_{fr.m.}$	Účinnost frekvenčního měniče	[-]
η_{stroje}	Účinnost stroje	[-]
λ	Součinitel štíhlosti	[-]
μ	Součinitel tření	[mm]
σ	Kombinované namáhání na tlak a ohyb	[MPa]
σ_{DOV}	Maximální dovolené namáhání	[MPa]
σ_F	Místní namáhání v ohybu příruby vodítka	[MPa]
σ_{Fj}	Místní namáhání v ohybu příruby vodítka při jízdě	[MPa]
σ_{Fn}	Místní namáhání v ohybu příruby vodítka při nakládání	[MPa]
σ_K	Namáhání ve vzpěru	[MPa]
σ_c	Kombinované namáhání na vzpěr a ohyb	[MPa]
σ_m	Namáhání na ohyb	[MPa]
σ_{mj}	Kombinované namáhání (jízda)	[MPa]
σ_{mn}	Kombinované namáhání při nakládání	[MPa]
σ_n	Namáhání na tlak a ohyb při nakládání	[MPa]

σ_x	Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech	[MPa]
σ_{xj}	Nam. na ohyb k ose X vodítka silami ve vod. čelistech (jízda)	[MPa]
σ_{xn}	Nam. na ohyb k ose X vodítka silami ve vod. čelistech (nakládání)	[MPa]
σ_y	Nam. na ohyb k ose Y vodítka silami ve vod. čelistech	[MPa]
σ_{yj}	Nam. na ohyb k ose Y vodítka silami ve vod. čelistech (jízda)	[MPa]
σ_{yn}	Nam. na ohyb k ose Y vodítka silami ve vod. čelistech (nakládání)	[MPa]
τ_{DS}	Dovolené napětí ve smyku	[MPa]
τ_s	Napětí ve smyku	[MPa]
ω	Hodnota omega	[-]

1. ÚVOD

V dnešní době je při pořizování a rekonstrukci výtahů kladen velký důraz na ekologii, ekonomickou stránku věci a v neposlední řadě na stránku bezpečnostní. Proto se technologie ve výtahovém průmyslu stále vyvíjí a posouvají dopředu. Při návrhu svého výtahu jsem se snažil používat nová a moderní zařízení a postupy, které vyžaduje dnešní doba.

Diplomová práce je rozdělena na dvě stěžejní části, část teoretickou a část praktickou. Teoretická část práce zahrnuje kapitoly, v nichž je pozornost věnována především všem potřebným částem výtahu. Další kapitoly jsou věnovány možnostem pohonu.

V praktické části práce řeším návrh a výpočet částí výtahu dle zadaných parametrů. Poté následují kapitoly s konkrétními výpočty pro dané řešení problému.

Všechny navržené části zařízení jsou zkontrolovány výpočtem podle ČSN EN 81-1+A3 a dalšími normami, které jsou nutné k návrhu výtahu.

2. VERTIKÁLNÍ PŘEPRAVA

2.1. DEFINICE VÝTAHU

Výtah je strojní zařízení sloužící ke zdvihání a spouštění osob nebo předmětů mezi dvěma, či více stálými místy ve směru vertikálním. U výtahů s přerušovaným pohybem probíhá nastupování a vystupování osob nebo nakládání a vykládání předmětů při stojící kleci-za klidu. Výtahy s plynulým nebo nepřetržitým pohybem umožňují nástup a výstup osob nebo nákladu za jízdy (výtahy páternosterové). Uvedená konstrukce stavebně strojní povahy má umožňovat bezpečný, pohodlný a energeticky nenáročný pohyb osob a předmětů ve směru vzestupném a sestupném. Děje se to převážně v přímé návaznosti na vodorovné cesty a komunikace v objektech.

2.2. HISTORIE VÝTAHŮ

Konstruktérem prvního výtahu v dějinách byl řecký matematik a fyzik Archimédes (r. 236 př. n. l.). Klec jeho výtahu byla zavěšena na konopném laně a vrátek měl ruční pohon. První výtah, kde bylo použito účinku protizávaží, byl postaven podle návrhu královského stavitele Valayera a zaveden roku 1743 do soukromého apartmá francouzského krále Ludvíka XV. ve Versaillském paláci. Teprve od 19. století dochází k rozvoji výtahů. Roku 1830 byl v Derby v Anglii uveden do provozu nákladní výtah poháněný parním motorem. Výtah v moderním pojetí vybavený plošinou vedenou vodítky a bezpečnostním zařízením, které mělo zabránit pádu při přetržení nosných orgánů, se však objevil až v roce 1853. Jednalo se o výtah vybavený primitivním zachycovacím ústrojím podle vynálezu Elishy Gravise Otise a určený pro dopravu břemen a obsluhy.

V roce 1854 Otis provedl veřejnou demonstraci v Crystal Palace v New Yorku tím, že vyjel svým výtahem do určité výšky a poté přežil nosné lano, aby tak demonstroval bezpečnost svého stroje. Tento výtah měl bezpečnostní systém založený na funkci západek v kleci, které jsou v okamžiku přetržení lana donuceny pružinou zapadnout do vrubu připevněných na stěně výtahové šachty.

2.3. ROZDĚLENÍ VÝTAHŮ

Výtahy v budovách se dělí do těchto hlavních skupin:

- s elektrickým pohonem
- s hydraulickým pohonem
- s pneumatickým pohonem

Základními parametry výtahů jsou nosnost a jmenovitá rychlost.

Nosnosti výtahů [kg]

320	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------

Tabulka 2.1. Nosnosti výtahů

Jmenovité rychlosti výtahu [m/s]

0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
-----	------	---	-----	-----	---	-----

Tabulka 2.2. Jmenovité rychlosti výtahů

Elektrické výtahy => 0,63 – 6 m/s

Hydraulické výtahy => 0,4 – 1 m/s

3. HYDRAULICKÉ VÝTAHY

Hydraulický výtah je zařízení, kde zdvihací sílu dodává elektricky poháněný hydrogenerátor, který dopravuje hydraulickou kapalinu do přímočarého hydromotoru působícího přímo nebo nepřímo na klec, přičemž může být použito více hydrogenerátorů nebo přímočarých hydromotorů. Využívá se fyzikálních zákonů hydrostatiky a hydrauliky.

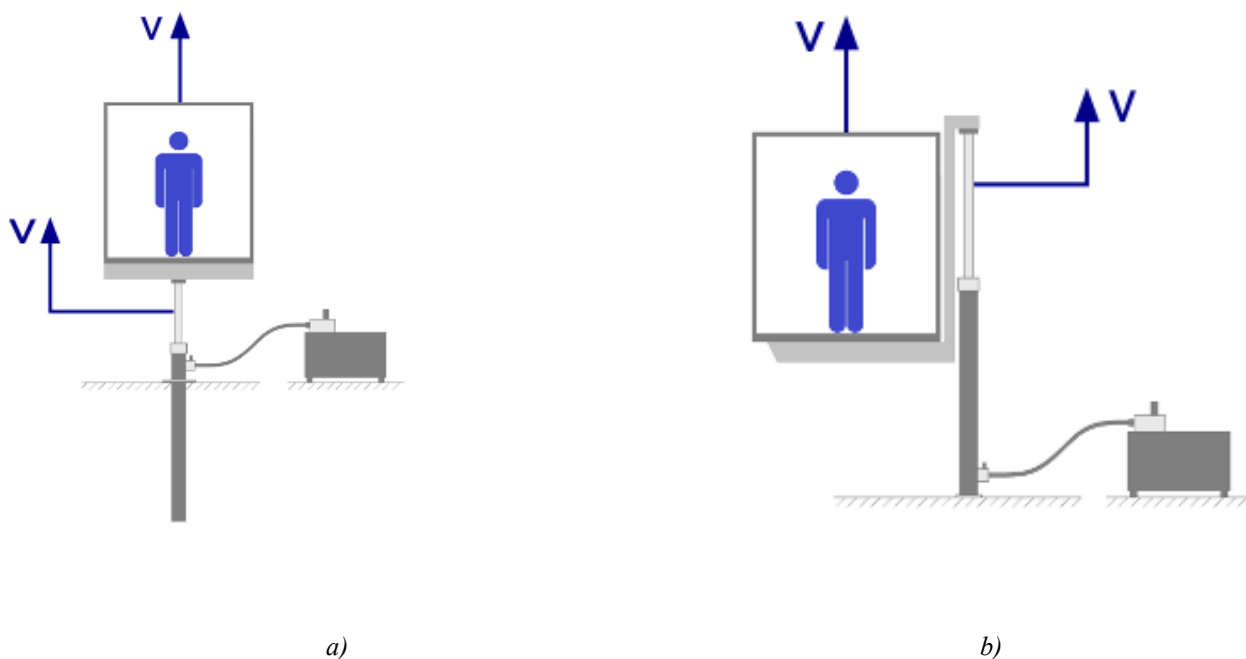
Princip pohybu je založen na vzlaku pístu. Píst se pohybuje v přímočarém hydromotoru, který obsahuje pracovní kapalinu - voda, olej nebo jinou vhodnou kapalinu. Břemeno, klec výtahu, může být umístěno přímo na pístové tyči nebo na pístnici, a to u přímého pohonu klece s pístem, nebo se používá teleskopická pístnice.

Přímocharý hydromotor může být umístěn vedle klece s přímocharým pohonem klece pístem tzv. „ruksak“. Nepřímý pohon je kombinací přímočarého hydromotoru a lanového nebo řetězového převodu na klec výtahu. Zdvih klece je převážně svislý. Dráha je rovná a plynulá. Hydraulické výtahy umožňují plynulou regulaci rychlosti a přesný dojezd klece do podlaží nezávisle na jejím zatížení. Výtahová šachta má menší půdorysné rozměry, V téže šachtě, jako je klec, musí být umístěny přímočaré hydromotory výtahu. Strojovna není umístěna nad výtahovou šachtou, což je příznivé z hlediska prostorového. Doporučuje se strojovnu umisťovat tak, aby přiléhala k šachtě.

Hydraulické výtahy by se neměly umisťovat do prašného prostředí a do prostředí s agresivními výpary nebo plyny, v provozech jako například tepelné elektrárny či chemické závody. Hydraulické výtahy jsou vhodné pro břemena a náklady o vysoké hmotnosti a to až do 20 000 kg nosnosti. Zdvih výtahů bývá od 3,5 m do 23 m. Jmenovitá dopravní rychlost je závislá na zdvihu a nosnosti a zpravidla se pohybuje od 0,1 až 1 m/s. Teleskopické hydraulické válce s dvoustupňovou, popřípadě

vícestupňovou pístnicí nejsou provozně vhodné. Přechodové jevy, jako jsou rázy, mají nepříznivé fyziologické účinky na přepravované osoby a mohou mimo jiné vést k mechanickému poškození pohonu.

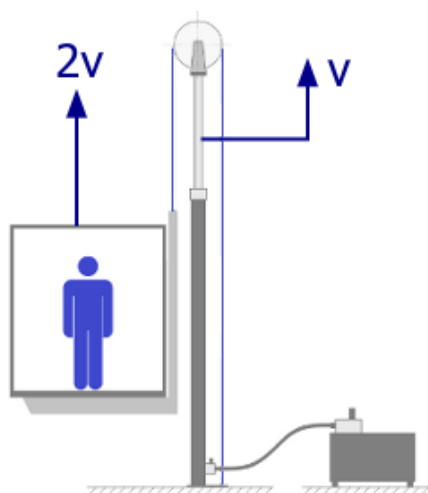
Podlaha ve strojovně a výtahové šachtě musí být provedena tak, aby v případě úniku kapalin nedošlo ke kontaminaci okolí.



Obr. 3.1: Hydraulický výtah [1]

a) výtah s přímočarým pohybem klece a s použitím teleskopické pístnice

b) výtah s přímým pohonem klece a s použitím teleskopické pístnice a umístěním přímočarého hydromotoru vedle klece (typ „ruksak“)



Obr. 3.2: Nepřímý hydraulický pohon výtahu pomocí lanového převodu [1]

4. ELEKTRICKÉ VÝTAHY

4.1. Historie a rozdělení elektrických výtahů

Zásadní změnu v konstrukci výtahů přinesl vynález elektrického pohonu. V roce 1880 Werner von Siemens vystavil na průmyslové výstavě v Mannheimu první výtah s elektrickým pohonem. První elektrický výtah se objevil v roce 1889 v Demarest Building v New Yorku. Byla to přímá modifikace jednoduchého výtahu s bubnem poháněným párou, pouze zdroj energie byl nahrazen elektrickou energií prostřednictvím motoru na stejnosměrný proud. Tento výtah sloužil do roku 1920 kdy byla budova zdemolovaná. První výtah s tlačítkem pro automatické přivolání byl zkonstruován v roce 1894. Elektrický výtah byl úspěšný už od svých úplných počátků pro jeho nižší konstrukční náklady a náklady na provoz, ale měl nevýhodu v malé přesnosti zastavování.

Výtahy s elektrickým pohonem se podle normy ČSN ISO 4190-1 dělí dále do těchto skupin:

- třída I – výtahy určené pro dopravu osob
- třída II – výtahy určené především pro dopravu osob, ale mohou se v nich přepravovat i náklady; od výtahů I a III se liší v podstatě vnitřní úpravou klece
- třída III – výtahy určené pro dopravu lůžek
- třída IV – výtahy určené především pro dopravu nákladů, které jsou obvykle doprovázeny osobami
- třída V – malé nákladní výtahy – zde musí být podmínka nepřístupnosti osob, rozměry klece nesmějí být větší než: plocha podlahy 1m^2 , hloubka 1 m, výška 1,2 m

4.2. Hlavní části elektrického výtahu

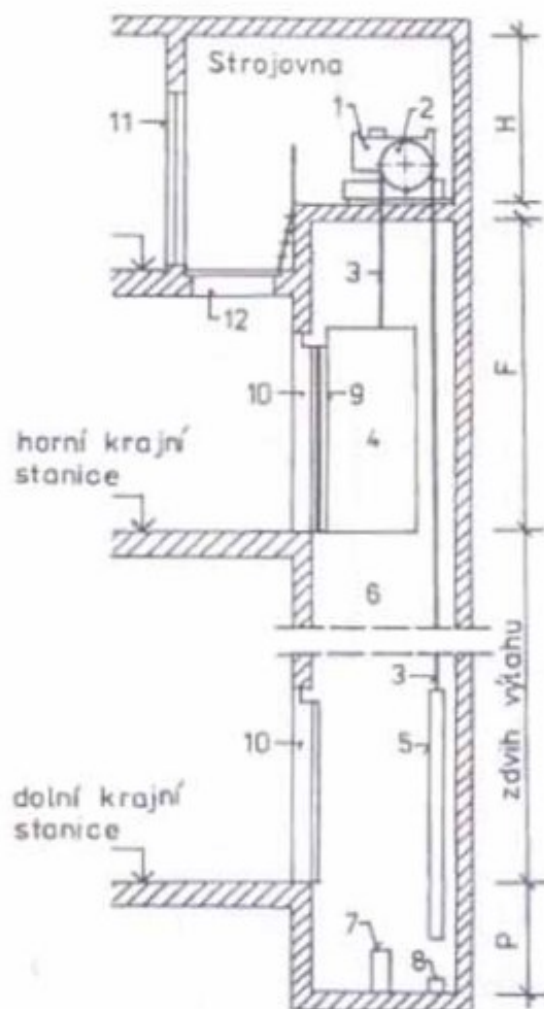
Elektrické výtahy mají část stavební a část strojní.

Stavební část tvoří:

- šachta výtahu (6)
- strojovna výtahu a prostor pro kladky

Strojní část tvoří:

- výtahový stroj (1)
- klec výtahu (4)
- vyvažovací závaží (5)
- nosné prostředky (3)
- vodítka výtahu
- zachycovače
- nárazníky (7, 8)
- dveře klecí a šachet (9, 10)
- ostatní zabezpečovací zařízení



Obr. 4.1. Hlavní části elektrického výtahu [2]

4.2.1. Šachta výtahu

Šachta je prostor, ve kterém se pohybuje klec a vyvažovací závaží. Tento prostor je ohraničen podlahou v prohlubni, stěnami a stropem. Je přístupná šachetními dveřmi a dveřmi pro údržbu. Šachetní dveře složí jako vstupy do klecí a obvykle bývají plnostěnné kovové proto, aby odolaly deformaci v průběhu doby a aby byly odolné vůči požáru. V šachtě jsou umístěny otvory pro odvod plynu a kouře při požáru, otvory pro větrání a otvory pro montáž mezi šachtou a strojovnou výtahu.

4.2.2. Strojovna výtahu

Strojovna výtahu je samostatná, uzamykatelná, osvětlená a dobře větraná místnost, jejíž stěny, strop, podlaha a dveře jsou plnostěnné a z nehořlavého materiálu. Minimální výška strojovny pro elektrické výtahy je 2 m. V této místnosti je umístěn výtahový stroj s jeho příslušenstvím a další zařízení včetně elektrických přístrojů pro zařízení a zajištění bezpečnosti provozu výtahu. Výtahový stroj, jeho příslušenství a prostor pro kladky smějí být přístupné pouze oprávněným osobám (údržba, oprava, revize, apod.). Strojovna výtahu se přednostně umísťuje nad šachtu, výjimečně se umísťují dole vedle šachty.

V každé strojovně je nutno, při hmotnosti jednotlivých dílů výtahového stroje větší než 100 kg, umístit nad strojem ocelový nosník ve výšce minimálně 1,8 m nad podlahou. Tento nosník slouží k umístění zařízení, ke zdvihání těžších součástí a k montáži a demontáži výtahového stroje. Strojovna výtahu a prostor pro kladky musí být suché a teplota vzduchu v rozmezí od +5 do +40°C. Podlaha v těchto prostorech musí být rovná, zhotovená z trvanlivých stavebních materiálů, které nepodporují tvoření prachu a musí mít protiskluzový povrch.



Obr. 4.2. Strojovna výtahu [3]

4.2.3. Klec

Klec výtahu je část, která slouží k umístění a dopravě osob nebo nákladu. Je montována v nosné kostře. Klec je ohrazena plnými stěnami, podlahou a stropem. Všechny tyto části musí mít dostatečnou mechanickou pevnost vzhledem k silám, kterými je klec vystavena během normálního provozu výtahu, při vybavení zachycovači nebo při dosednutí klece na nárazníky. Světlá výška klece a vstupu do klece je minimálně 2 m. Vstup do klece musí mít plnostěnné dveře. Při použití plnostěnných dveří musí být v horní a dolní části větrací otvory, jejichž účinná plocha tvoří minimálně 1 % užité plochy klece. Klec musí být vybavena elektrickým osvětlením.

Ke kovové kostře jsou připevněny:

- závěs, jehož prostřednictvím je klec, resp. vyvažovací závaží upevněno k nosným prostředkům. Každý nosný prostředek musí být k závěsu upevněn samostatně
- vodící čelisti zajišťující vedení po vodítkách
- zachycovače
- závěs a pohon kabinových dveří



Obr. 4.3. Klec výtahu [4]

4.2.4. Vyvažovací závaží

Vyvažovací závaží vyvažuje zcela hmotnost klece s příslušenstvím a část hmotnosti břemene (40-50 %). Je stejně jako klec vedeno vodítky buď v téže šachtě jako klec nebo v samostatné šachtě. Vyvažovací závaží může být buď z jednoho kusu nebo z několika navzájem spojených částí - litinové nebo betonové hranoly. Prostřednictvím spojovacích táhel jsou hranoly zavěšeny na příčníku se závěsem. Vodítka mohou mít průřez tvaru T nebo kruhový průřez. Vedení je kluzné.

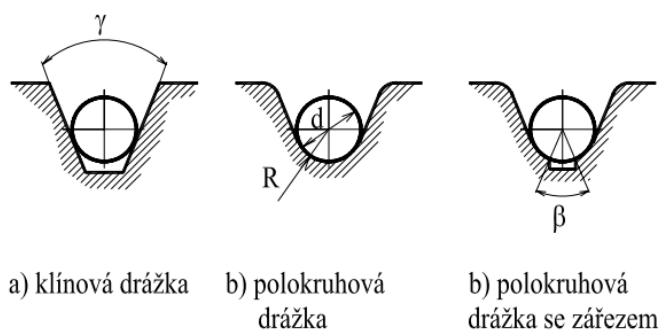
U výtahů se jmenovitou rychlostí větší než 2,5 m/s se musí použít ještě napínaná vyvažovací lana s napínací kladkou. Ta se používají rovněž u výtahů s velkými zdvihy pro vyváření hmotnosti nosných lan. Vede to jednak ke snížení nebezpečí prokluzu lana na třecím kotouči a na druhé straně ke zrovnoměnění zatížení hnacího elektromotoru. Použití vyvažovacích lan je vhodné pro výtahy se zdvihy nad 30 m.

4.2.5. Hnací lanový kotouč

Přenos obvodové hnací síly z lanového kotouče na nosná lana je umožněn výhradně třením. Životnost lan vzrůstá s rostoucím průměrem hnacího kotouče. Průměr hnacího kotouče se stanoví podle průměru nosných lan. Na kotouči jsou speciální drážky, do kterých zapadá nosný orgán. V normě ČSN EN 81-1+A3 je řečeno, že poměr průměru třecího kotouče (nebo kladek) k průměru lana nesmí být menší než 40.

Podle tvaru existují tyto drážky:

- Polokruhová drážka
- Polokruhová drážka se zářezem
- Klínová drážka
- Klínová drážka se zářezem



Obr. 4.4. Druhy drážek třecího kotouče

4.2.6. Nosné prostředky výtahů

Nosné prostředky výtahů slouží k zavěšení klece a vyvažovacího závaží. Používají se buď ocelová lana, nebo kloubové řetězy. Přenášejí sílu pro zdvihání klece nebo závaží z výtahového stroje. Dnes se používají převážně ocelová lana o jmenovitém průměru minimálně 8 mm. Kloubové řetězy se používají pouze u výtahů s malou dopravní rychlostí a omezeným dopravním zdvihem. Lana musí být alespoň dvě.

Návrhem lan pro výtahy se zabývají normy ČSN EN 81-1 a ČSN EN 12385-5.

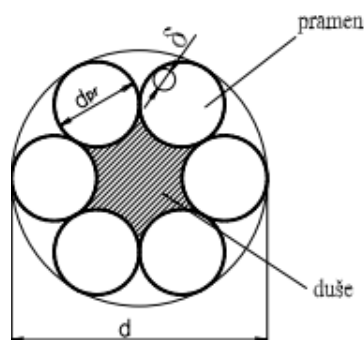
Nosná lana podle těchto norem musí vyhovovat těmto požadavkům:

- minimální jmenovitý průměr 8 mm
- jmenovitá pevnost drátů 1570 nebo 1770 MPa anebo u lan s dráty s dvojitou jmenovitou pevností v tahu u vnějších drátů 1370 MPa a u vnitřních drátů 1770 MPa
- lana musí být vyrobena z holých drátů
- duše musí být vláknitá
- lana musí mít pravý smysl vinutí
- součinitel bezpečnosti musí být minimálně:
 - 12 u výtahů s třecími kotouči s 3 a více lany
 - 16 u výtahů s třecími kotouči se 2 lany
 - 12 u bubnových výtahů

Ocelová lana jsou výrobky z tažených ocelových drátů vinutých v prameny. Podle počtu pramenů jsou lana jednopramenná, pramenná (prameny jsou vinutá v jedné vrstvě) nebo mnoho pramenná (prameny jsou vinutá ve více vrstvách). Každé lano je charakteristické pevností drátů, průměrem, jmenovitou únosností a konstrukcí lana. Každé lano se skládá z pramenů a duše.

Pramen je několik drátů vinutých do šroubovice tak, aby se vzájemně dotýkaly, a aby tvořily stále stejný pravidelný průřez. Dráty se vinou do jedné nebo více vrstev kolem duše, která je v ose pramene. Výška vinutí je stoupání šroubovice drátů nebo pramenů v jednotlivých vrstvách.

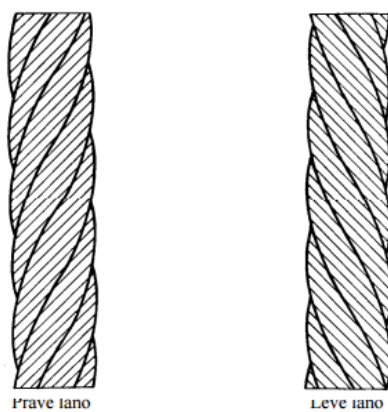
Pramenná a mnohopramenná lana mají prameny vinuty kolem duše. Duše je buď kovová, nebo vláknitá. Kovovou (drátěnou) duši tvoří pramen nebo lano. Vláknitá duše je konopná nebo umělohmotná. Vláknitá duše slouží jako rezervoár pro mazání vnitřních drátů lana, omezuje přímý kontakt pramenů a pomáhá udržovat geometrický tvar lana. Duši může tvořit středový drát, který se započítává do únosnosti lana, jádrový drát, který se nezapočítává do celkové únosnosti lana, jádro pramene, což je těleso nekruhového průřezu a z jiného materiálu než jsou dráty pramene, anebo nekovová vložka tvořená různými vlákny.



Obr. 4.5. Šestipramenná konstrukce lana [2]

Rozdělení lan:

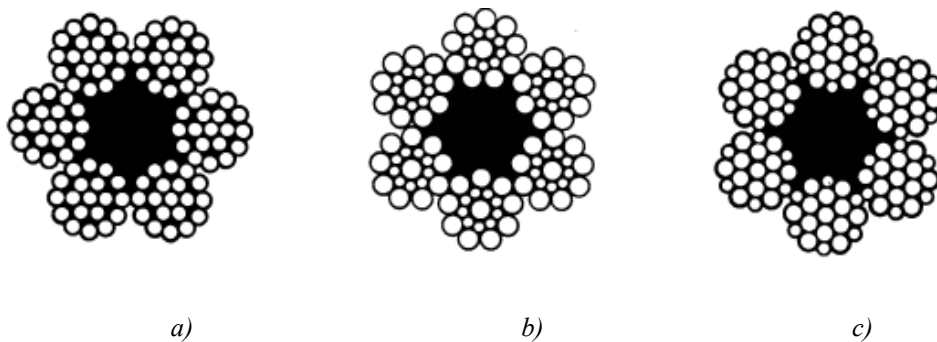
- podle jmenovité pevnosti drátů ($\sigma = 690 - 2090 \text{ MPa}$)
- podle povrchu drátů: holé nebo pozinkované
- podle smyslů vinutí v laně na pravé a levé



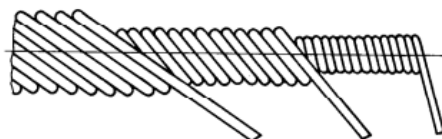
Obr. 4.6. Rozdělení podle smyslu vinutí v laně [2]

- podle konstrukce lana

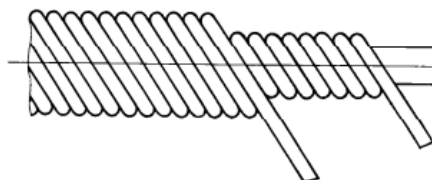
- klasická (úhel vinutí ve všech vrstvách stejný, ale různá výška vinutí, bodový styk drátů)
- souběžná (úhel vinutí různý, ale stejná výška vinutí ve všech vrstvách, lepší využití profilu díky použití různého průřezu drátů, přímkový styk)
- kompaudní (mezi 1. a 2. vrstvou jsou výplňové dráty)



Obr. 4.7. Konstrukce lana: a) klasická, b) souběžná konstrukce SEAL, c) Souběžná konstrukce WARRINGTON [2]



Způsob klasický



Způsob souběžný

Obr. 4.8. Způsoby vinutí [2]

- podle smyslu vinutí

- stejnosměrná lana mají souhlasný smysl vinutí drátů a pramenů, pro levý nebo pravý. Stejnosměrná lana mají kroutivý účinek, se kterým se musí počítat při manipulaci, ale vykazují vyšší životnost než lana protisměrná. Lana stejnosměrná mají tendenci se roztočit, proto je lze použít tam, kde jsou trvale zatížena a kde je břemeno vedeno. Jejich opotřebení je menší a jsou také ohebnější a měkčí a vhodnější z hlediska tření na povrch třecího kotouče.
- protisměrná lana mají smysl vinutí v drátu prameni opačný než je smysl vinutí pramenů v laně. Způsobují menší kroutivost lana na úkor nižší životnosti. Protisměrná lana jsou méně ohebná, ale lépe se pokládají, navinují a mnohem lépe odolávají neodbornému zacházení. Používají se především jako těžní lana, lana u rýpadel apod.

obr. 5)
lano pravé stejnosměrné



obr. 6)
lano pravé protisměrné



obr. 7)
lano levé stejnosměrné



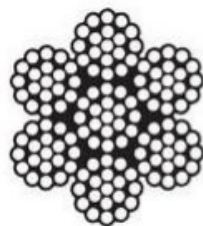
obr. 5)
lano levé protisměrné



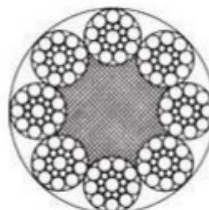
Obr. 4.9. Rozdělení podle smyslu vinutí v pramenech a pramenů v laně [10]

Používají se stejnosměrně vinutá lana souběžné konstrukce Seal šesti nebo osmi pramenná. Lana se počítají na tah od statického zatížení. U bezpečnosti lana se klade důraz na životnost lana. Hlavním kritériem posouzení lana je počet viditelných zlomů drátů na určité délce lana. Konec lana je třeba upevnit. Upevnění konců lan musí mít stejnou nebo vyšší bezpečnost jako lano samotné.

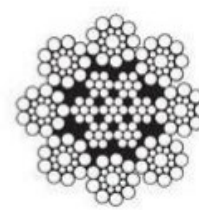
STANDARD (6x19 drátů)



SEAL (8x19 drátů)



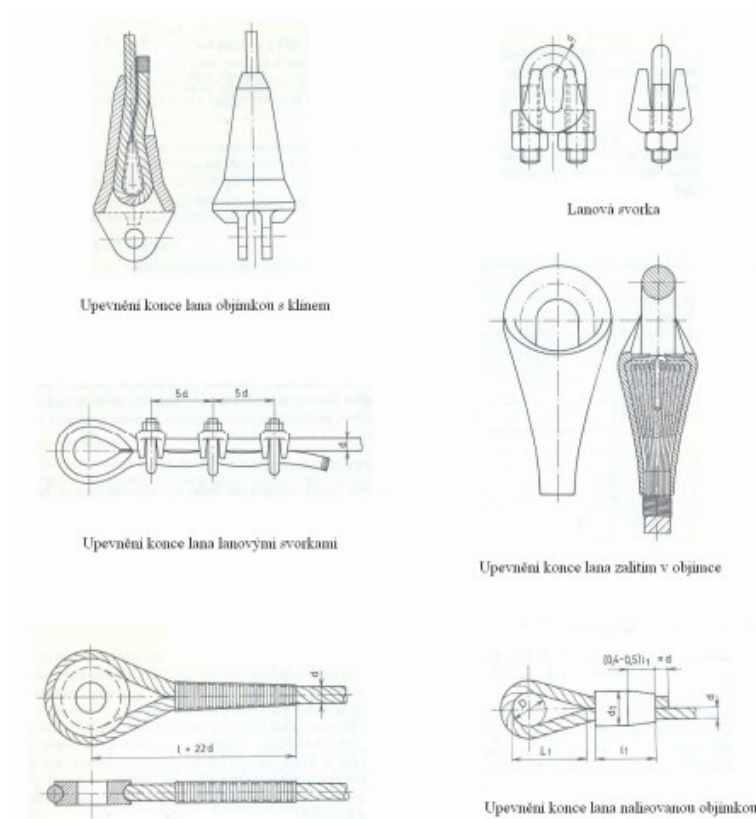
SEAL (8x19 drátů)



Obr. 4.10. Výtahová lana [4]

Upevnění konců nosný lan musí mít minimálně stejnou bezpečnost jako lano samotné. Konec lana je možno upevnit těmito způsoby:

- Klínovou objímkou s klínem
- Lanovými svorkami
- Zalitím rozpletených konců lan do objímky
- Odborným zapletením konce lana
- Nalisovanou objímkou



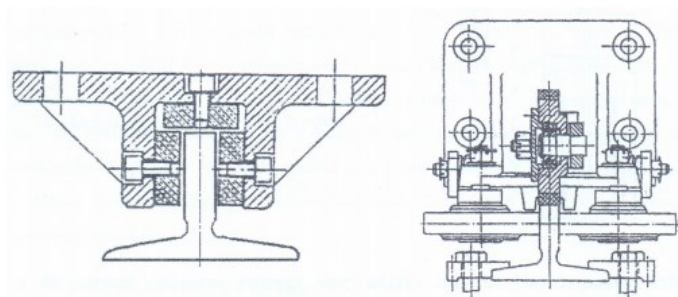
Obr. 4.11. Různé způsoby uchycení konců lan [4]

4.2.7. Vodítka

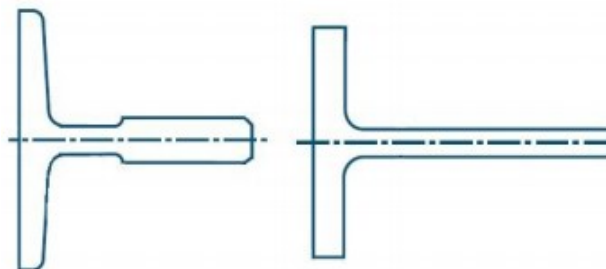
Klec výtahu i vyvažovacího závaží jsou vedeny vodítky, kotvenými ve výtahové šachtě. Vodítka zabraňují kývání klece a závaží. Vodítka mimo vlastního vedení klece a závaží umožní i zastavení klece zachycovači. Vodítka musí být tak dlouhá, aby je klec výtahu ani vyvažovací závaží nemohly nikde opustit. K vedení musí sloužit alespoň dvě ocelová vodítka, nejčastěji profilu T. Pevná uložení vodítek musí být pouze u ocelové konstrukce šachty. U zděných a betonových šachet se dělají vodítka, která mají možnost se posouvat ve svislém směru z důvodu dilatace. Vodítka mají v průřezu tvar speciálně upraveného T-profilu. Vodítka tohoto průřezu jsou taženy za studena z oceli s minimální mezí pevnosti v tahu 370 MPa. Průřez vodítek může být také ve tvaru kruhového, například u malých nákladních výtahů a vyvažovacích závaží.

Je velmi důležité, aby vodítka byla dokonale rovná a jejich vzájemná vzdálenost po celé délce zdvihu dodržena s maximálně možnou přesností. Nerovná vodítka, nepřesná montáž a drsný povrch aktivních částí vodítek mají za následek neklidný chod a vibrace klece (vyvažovacího závaží), vznik dynamických sil během zdvihu, které jsou příčinou kolísání jízdních odporů a zatížení hnacího elektromotoru.

Vedení klece nebo vyvažovacího závaží může být kluzné nebo valivé. U kluzného vedení se musí vodítka dobře mazat, aby odpor proti pohybu a opotřebení součástí byl co nejmenší a tím byla zvýšena životnost všech součástí.



Obr. 4.12. Kluzné a valivé vedení [2]



Obr. 4.13. Tvary vodítek [4]

4.2.8. Omezovač rychlosti

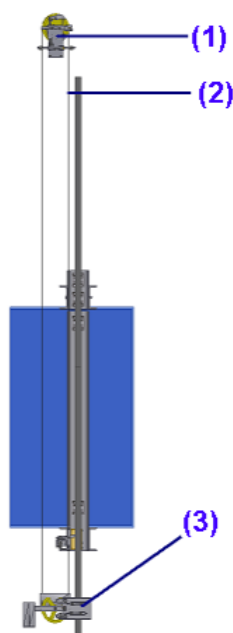
Omezovač rychlosti je zařízení, které při překročení jmenovité rychlosti výtahu vypíná pohon a pokud je to nutné, tak vybavují zachycovače. Omezovač rychlosti musí působit při jízdě kabiny směrem dolů při zvýšení rychlosti o předem stanovenou

hodnotu proti hodnotě jmenovité. Před uvedením zachycovačů v činnost musí vypnout řídicí okruh.

Sám omezovač rychlosti je umístěn ve strojovně výtahu. Má nekonečné ovládací lano vedené přes kladku omezovače a kladku napínacího zařízení, umístěného v dolní části výtahové šachty. Ovládací lano je připevněno ke kleci a při normálním provozu je pohyb celé soustavy odvozen od pohybu klece. Kotvení lana omezovače rychlosti na kleci musí být provedeno tak, aby umožnilo spojení s klecí do určité síly v laně. Při vzrůstu otáček nad předepsanou mez zastaví omezovač rychlosti ovládací lano. Klec pokračuje dále v pohybu, síla v laně prudce vzroste a spojení se uvolní. Relativní pohyb klece a lana omezovače rychlosti je příčinou k uvedení činnosti zachycovačů.

Ovládací lano omezovače rychlosti musí být ocelové s minimálním průměrem 6 mm. Napínací zařízení ovládacího lana musí být opatřeno spínačem, který při přetržení nebo nadměrném prodloužení lana vypne řídicí okruh. Spínač musí vypínat nuceně a jeho opětovné zapojení nesmí být samočinné. Lano omezovače rychlosti nesmí sloužit k ovládání jiných zařízení, například světelné signalizace.

Podle konstrukce dělíme omezovače rychlosti na kyvadlové a odstředivé.



Obr. 4.14. Schéma uspořádání omezovače rychlosti [11]

4.2.9. Nárazníky

Nárazník je pružná nárážka, působící na konci jízdní dráhy výtahu. Zde se nachází většinou jen jeden nárazník. Typ nárazníku závisí na jmenovité rychlosti výtahu. Nárazníky jsou dvou typů. Akumulující (pevné, pružinové) nebo pohlcující (hydraulické) energii. Do rychlosti 0,25 m/s se používají nárazníky pevné, pryžové nebo polyuretanové, do 1 m/s pružinové. Hydraulické nárazníky se mohou použít pro jakoukoliv rychlost výtahu.



a)



b)

Obr. 4.15. Nárazník: a) hydraulický, b) PUR nárazník [5]

4.2.10. Zachycovače

Zachycovače jsou mechanická zařízení, upevněna k ocelové konstrukci klece nebo vyvažovacího závaží, zachycující klec, resp. vyvažovací závaží, na vodičkách, přetrhnou-li se nosné orgány nebo překročí-li dopravní rychlost stanovenou mez při pohybu směrem nahoru.

Zachycovacím ústrojím musí být vybaven každý výtah, do jehož klece mohou vstupovat osoby, je-li klec zavěšena na lanech. Zachycovače musí účinkovat ihned, přetrhnou-li se všechny nosné orgány. U klece zavěšené na dvou a více lanech nemusí zachycovače účinkovat při nebezpečném prodloužení nebo přetržení jednoho nosného orgánu, pokud se závěsovým spínačem vypne řídicí okruh a zastaví výtah. Při zachycení klece musí být řídicí okruh samočinně vypnut zachycovacím spínačem.

Zachycovače se většinou umisťují pod rám podlahy klece, neboť při jejich umístění nad závěsnými nosníky klece by mohlo při zachycení dojít k utržení klece od zachycovacího ústrojí. Zachycovače musí být navrženy tak, aby působily současně na obě vodítka. Musí být dobře přístupné, aby byla možná jejich údržba a kontrola.

Impuls k činnosti zachycovacího ústrojí může být odvozen od závěsu nosných orgánů nebo omezovače rychlosti. Omezovač rychlosti musí působit při jízdě kabiny směrem dolů při zvýšení rychlosti o předem stanovenou hodnotu proti hodnotě jmenovité. Před uvedením zachycovačů v činnost se musí vypnout řídící okruh.

Zachycovače se dělí do dvou skupin:

1. *Zachycovače samosvorné* – ty zastaví klec na velmi krátké dráze zablokováním klínů, výstředníků nebo válečků na vodítkách, přičemž kinetická energie klece (závaží) se mění zčásti na teplo následkem třecí práce zachycovačů na vodítkách, zčásti na deformační práci v důsledku pružné deformace vodítek a ocelové konstrukce klece (závaží).

2. *Zachycovače klouzavé* – ty zastaví klec (závaží) na delší dráze vlivem tření o vodítka, Používají se u výtahů se jmenovitou rychlostí od 0,71 m/s.

SAMOSVORNÉ ZACHYCOVAČE KLÍNOVÉ

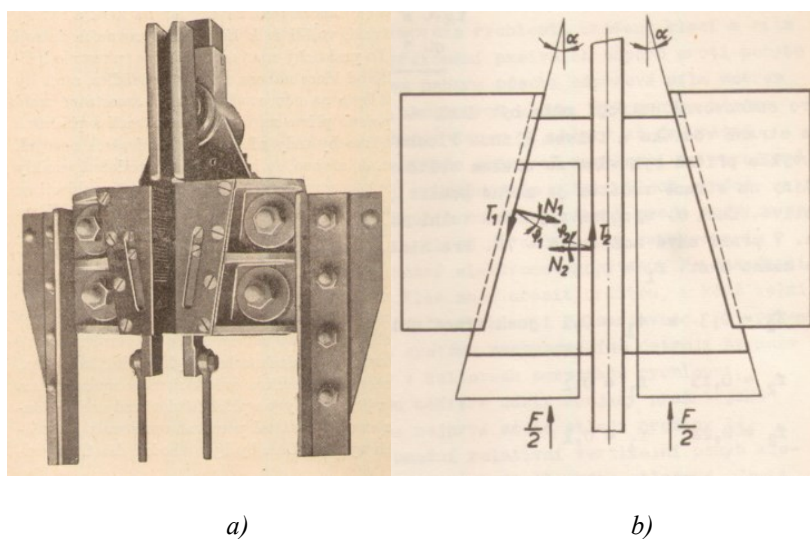
Klíny zachycovačů jsou vedeny uvnitř odlitého tělesa, které je šrouby upevněno na svislá táhla ocelové konstrukce klece. Klíny jsou v tělese vedeny buď rybinovou drážkou, nebo výřezem. Při normálním provozu musí být mezi klíny a vodítkem větší vůle než maximální vůle mezi vodíci a čelistmi a vodítkem.

Pro samosvorné ústrojí může být úhel α maximálně roven rozdílu třecích úhlů na straně vodítka a tělesa klínu. Plocha klínu na straně vodítka je proto obvykle příčně rýhovaná, aby se zvětšil součinitel smykového tření. Hladké klíny se mohou použít pouze, pokud je tření na straně těles valivé. Úhel α vychází z výpočtu velmi malý. V praxi mívá úhel α hodnotu 6 až 7 °. Klíny se vyrábějí ze speciální oceli s dostatečnou tvrdostí a houževnatostí.

Nevýhodou samosvorných zachycovačů je příliš prudký záběr a krátká brzdná dráha, která má za následek velké zpoždění klece. Záběr je tím prudší, čím delší doba uplynula od okamžiku, kdy byl dán impuls k činnosti zachycovačů, do okamžiku záběru. Po tuto dobu může klec při přetržení nosných orgánů padat volným pádem a

kinetickou energií klece vzrůstá namáhání konstrukce ocelové klece a vodiček při zachycení, toto namáhání je značné a má za následek velké zpoždění, které má nepříjemný účinek na lidský organismus a může mít za následek i zranění osob v kabině vlivem velkého přetížení.

Zachycovače jsou umístěna na obou vodičkách, ale ovládány jsou pouze na jedné straně. Klíny jsou příčně rýhované a jsou vedeny rybinovou drážkou v tělesech přišroubovaných k ocelové konstrukci klece. Impuls k činnosti zachycovačů je dán omezovačem rychlosti. Konce ovládacího lana omezovače jsou upevněny na čepu připevněném k ovládací páce. Páka ovládá klíny na jedné straně klece. Je přivařená k hřídeli uloženému na ocelové konstrukci klece, na jeho druhém konci je přivařena páka ovládající klíny na druhé straně klece. Další mechanická vazba mezi pákou a klíny je na obou stranách stejná. Ovládací páky působí na klíny prostřednictvím táhel otočných kolem čepů. Konec páky má tvar vidlice, zasahujících do výřezu obou protilehlých klínů. Vzájemná poloha táhel a pák se dá seřídít maticemi.

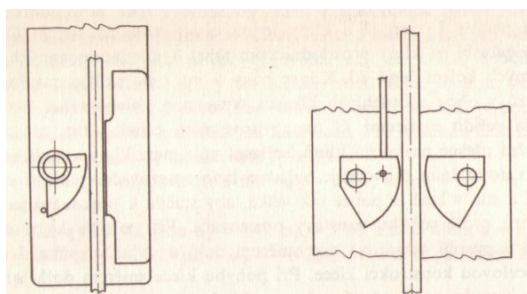


Obr.4.16. Zachycovače: a) obrázek zachycovače, b) schéma zachycovače [12]

SAMOSVORNÉ ZACHYCOVAČE VÝSTŘEDNÍKOVÉ

Mohou být navrženy s jedním výstředníkem nebo se dvěma výstředníky. V prvním případě je zachycovací ústrojí vybaveno na každé straně klece pouze jedním otočným

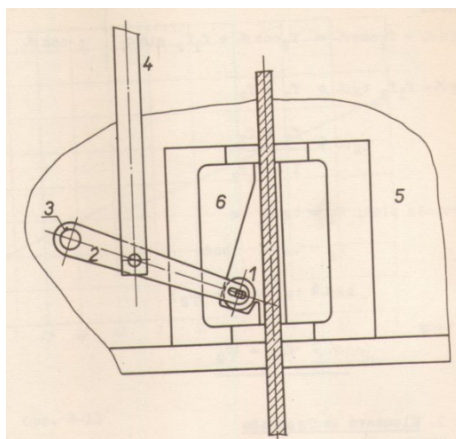
výstředníkem a na protilehlé straně vodítka je pak pevná opěrná deska, toto provedení není příliš výhodné. Druhý případ se používá mnohem častěji. Zasunutí výstředníku do záběru se může provést pootočením hřídele výstředníku nebo pohybem táhla upevněného na výstředníku. U zachycovače se dvěma výstředníky mohou být oba přímo ovládány táhly, nebo je přímo ovládán pouze jeden a je provedena mechanická vazba mezi oběma výstředníky, např. pákovým mechanismem. Účinná plocha výstředníku bývá rýhovaná, aby se zvětšil koeficient smykového tření mezi výstředníkem a vodítkem. S vodítkem zabírá vždy jen několik zubů výstředníku, které mají za následek větší namáhání než u klínů a je zde větší pravděpodobnost jejich vylomení. A také bývá větší poškození vodítek.



Obr.4.17. Zachycovače (vlevo) s jedním a (vpravo) se dvěma výstředníky [12]

SAMOSVORNÉ ZACHYCOVAČE VÁLEČKOVÉ

Aktivní částí zachycovacího ústrojí je kalený ocelový váleček, který se pohybuje ve výřezu jednostranné páky otočné na uloženém čepu a ovládané táhlem od lana omezovače rychlosti. Odlité těleso zachycovače je přišroubováno k ocelové konstrukci klece. Výřez má na jedné straně šikmou plochu, o kterou se opírá váleček a na druhé straně plochu rovnoběžnou se stojinou vodítka, tvořící opěrnou desku. Při uvedení zachycovače v činnost je páka zvedána táhlem a váleček zasouván do záběru při současném posouvání tělesa doleva. Po vymezení vůle mezi opěrnou deskou a vodítkem dojde k vzepření válečku mezi šikmou plochou a vodítkem, a tím k rychlému zastavení klece.



Obr. 4.18. Válečkový zachycovač [12]

4.2.11. Výtahový stroj

Výtahový stroj je motorickým zdvihacím ústrojím výtahu. Mezi hlavní části výtahového stroje patří hnací elektromotor, převodový mechanismus, hnací lanový kotouč, brzdové zařízení, spojky, ložiska, hřídele a rám výtahového stroje. Bubnový výtahový stroj bez vyvažovacího závaží se může použít pouze do rychlosti 0,63 m/s. Pro pohon výtahů se používají elektromotory, které musí být schopné pracovat v motorickém i generátorickém režimu při obou smyslech otáčení. Motor by měl dále splňovat další požadavky, jakými jsou vysoká přesnost zastavování v cílových stanicích, minimální záběrový proud, minimální hlučnost a vibrace a měl by mít hřídel vyvedený na obě strany pro nasazení ručního diskového kola pro nouzový pohon. Druh motoru závisí na jmenovité rychlosti výtahu, ale také na jeho nosnosti.

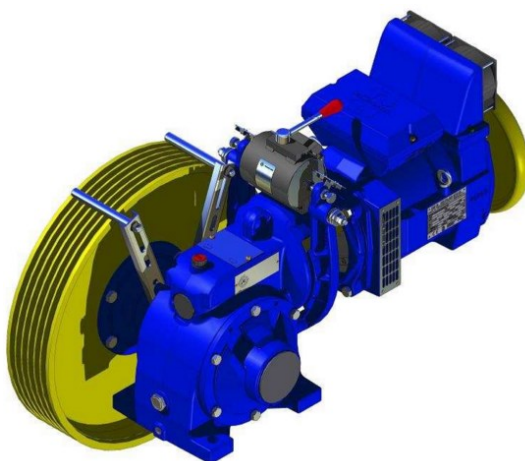
5. POHONY ELEKTRICKÝCH VÝTAHŮ

5.1 Trakční pohon

Jedná se o skupinu výtahů, kdy pohon spočívá v tření mezi nosnými ocelovými lany a drážkami třecího kotouče výtahového stroje. Přenos hnací síly z kotouče na nosná lana je uskutečněn výhradně třením. Strojovna výtahu se nachází buď nad šachtou výtahu, nebo vedle šachty, anebo přímo ve výtahové šachtě, a to hlavně v objektech, kde nelze stavebně řešit strojovnu. U trakčních pohonů existují převodové i bezpřevodové pohony.

5.1.1 Převodové asynchronní pohony

Převodové asynchronní pohony používají do rychlosti 2,5 m/s šnekovou převodovku. Pro větší rychlosti, až 5 m/s se používají převodovky s čelními koly se šikmým ozubením. Motory u těchto pohonů se používají asynchronní s kotvou nakrátko. Tyto výtahové elektromotory jsou vybaveny i rozběhovou kotvou, která výrazně zvýší záběrový moment motoru. Výhodou těchto asynchronních pohonů je nižší pořizovací cena a jednodušší náhrada za původní výtahový stroj. Naopak jejich nevýhoda je vyšší hlučnost a také vyšší spotřeba elektrické energie.



Obr. 5.1. Převodový pohon výtahu [7]

5.1.2. Bezpřevodové synchronní pohony

Bezpřevodové výtahové stroje se používají pro větší rychlosti. Tento pohon nabízí všechny výhody moderního synchronního motoru s paralelními magnety. Motor je konstruován jako pohon lanových výtahů s třecím kotoučem bez použití převodovky. Tento pohon je určený především pro výtahy bez strojoven pro své malé rozměry. Součástí pohonů bývá i integrovaná brzda. Mezi největší výhody bezpřevodových synchronních pohonů patří vyšší účinnost spojená s nižšími provozními náklady na spotřebu elektrické energie. Mezi další výhody patří tišší chod a zvýšení dopravní rychlosti výtahu. Za jednu z mála nevýhod lze považovat vyšší pořizovací cenu.

Výtahové motory pro bezpřevodové pohony výtahů řady SVM 170

ZÁKLADNÍ INFORMACE

- Kompaktní pohon s integrovanou brzdou a snímačem otáček
- Určený především pro použití u výtahů bez nutnosti použití strojovny
- Celková šířka jen 275 mm
- Jednoduchá výměna lanového kola bez nutnosti ohřevu
- Možnost radálního zatížení až do 25 kN

MOTOR

- Synchronní motor buzený permanentními magnety
- Možnost různých jmenovitých otáček je možná různým provedením statorových vinutí
- Různé varianty statorových vinutí pro různé rychlosti jízdy a různé průměry lanových kol dle přání zákazníka při stejných rozměrech motoru
- Standardní provedení s vývodními kabely délky 5 m
- Kontrola teploty motoru teplotními body

BEZPEČNOSTNÍ BRZDA

- Dvoukotouřová brzda dle normy EN 81
- Tichá a bezdržbová
- Mikrospínač pro kontrolu stavu brzdy

LANOVÉ KOLO

- Výměnné lanové kolo z šedé litiny
- Průměr 240 mm resp. 320 mm
- Tvary drážek dle požadavků zákazníka
- Možnost tvrdosti povrchu až do 50 HRC

TECHNICKÉ ÚDAJE

Typ motoru	SVM170-06	SVM170-12
Jmenovitý moment 50-40%	220 Nm	430 Nm
Maximální moment	480 Nm	960 Nm
Jmenovitá otáčky	do 300 min ⁻¹	
Typ	180 B3	
Krytí	IP 43	
Chlazení	IC 410	
Trída izolace	F	
Brzda	Meyr-Horn 400	
Provozní váha zařízení	do 800 kg	do 1000 kg

ROZMĚRY
SVM170-06/12

75 68 150/300
~541 / ~691

215 274 170 ~300

VŠB Beta a.s., Mladá 51, 602 00 PŘED, Česká republika tel.: 565 951 111 fax: 565 951 322 e-mail: mail@vse.cz http://www.vse.cz
Lob 170-06-12 HEV 12-05-30 275 mm maximální šířka připojení

Obr. 5.2. Bepřevodový výtahový stroj [8]

5.1.3. Bubnový pohon

U bubnového pohonu se nejčastěji využívá lanového bubnu. U použití lanového bubnu je jeden konec lana přichycen k vyvažovacímu závaží a druhý konec lana ke kleci a to tak, že při navíjení jedné části (klece) je zároveň odvíjena druhá část (vyvažovací závaží). Nebo je lany na bubnu navíjena pouze klec bez nutnosti použít vyvažovací závaží což umožňuje využít skoro celý průřez výtahové šachty. Buben musí mít drážkování po svém obvodu, aby mohl lano vést a také nesnižoval životnost nosného lana. Lano je navíjeno na buben pouze v jedné vrstvě. Tvar drážek na bubnu je dán velikostí průměru lana. Výhodou bubnového pohonu je to, že nedochází k opotřebení lana oproti trakčním pohonům. Nevýhodou toho pohonu je to, že s rostoucím zdvihem výtahu roste i délka lanového bubnu. Délka bubnu je také závislá na počtu nosných lan, proto se bubnový pohon nepoužívá pro velká zatížení. V praxi se používá tento pohon do zdvihu maximálně 30 m. U bubnového pohonu není vhodné umístit výtahový stroj nad výtahovou šachtu, ale umístění výtahového stroje v podlaze výtahové šachty.



Obr. 5.3. Bubnový pohon [9]

6. VÝBĚR VARIANTY ŘEŠENÍ

V návrhové části jsem se zaměřil na výběr vhodného výtahové stroje. Z několika možných variant jsem zvolil tři varianty, u nichž jsem se zaměřil na vlastnosti, výhody, nevýhody a konstrukci tak, aby zvolená varianta byla variantou nejvhodnější. Níže popisují jednotlivé varianty.

VARIANTA č. 1

Výtahový stroj trakční převodový

Výtahový stroj trakční převodový je motorické zdvihací ústrojí, jehož hlavní části jsou asynchronní motor, šneková převodovka nebo převodovka s čelními koly, spojka, dvojčinná brzda a třecí kotouč. Výhoda tohoto výtahového stroje spočívá v jednoduché výměně za původní výtahový stroj a také v pořizovací ceně. Mezi nevýhody této varianty patří poměrně vysoká spotřeba elektrické energie a vyšší míra hlučnosti, která může být obtěžující pro obyvatele v horních patrech domu.

VARIANTA č. 2

Výtahový stroj trakční bezpřevodový

Výtahový stroj trakční bezpřevodový, je stroj, jehož základní částí je synchronní motor s paralelními magnety. Někdy se prodává i s integrovanou brzdou. Otáčky tohoto výtahového stroje se řídí pomocí frekvenčního měniče. Tato varianta výtahového stroje vzrůstá na oblibě, protože je dobře regulovatelná, což zpřesňuje zastavování ve stanicích, dále má jednodušší konstrukci, je tišší, má vyšší účinnost a menší požadavky na údržbu než stroje výtahové trakční převodové. Díky tomuto výtahovému stroji se zvyšuje dopravní rychlost výtahu, která má hodnotu 1 m/s a vyšší. Nevýhodou tohoto řešení je počáteční pořizovací cena, která je několikanásobně vyšší než u převodového výtahového stroje.

VARIANTA č. 3

Výtahový stroj bubnový

Výtahový stroj bubnový se skládá z asynchronního motoru, šnekové převodovky, spojky, dvojčinné brzdy a lanového bubnu. Tento typ výtahového stroje se používá pro menší zdvihy výtahů, protože s rostoucím zdvihem rostou i rozměry výtahového stroje a především rozměry lanového bubnu. Lano se na lanový buben navíjí pouze v jedné vrstvě. Výhoda tohoto řešení spočívá v menší míře opotřebení lan, protože lano se navíjí na lanový buben v jedné vrstvě a do drážek ve tvaru smyslu vinutí lana na buben, na rozdíl od výtahových strojů s třecím kotoučem. Další výhodou je absence vyvažovacího závaží a tudíž úplné využití výtahové šachty. Nevýhodou bubnových výtahových strojů je omezení výšky zdvihu.

Výběr varianty řešení:

Při vývěru varianty bylo zvoleno takové řešení, které nejlépe vyhovuje požadavkům. Dalším důležitým aspektem byla možnost regulace výšky zastavování ve stanicích, tichý chod a daleko nižší provozní náklady oproti dalším variantám. Proto volím variantu č. 2, výtahový stroj trakční bezpřevodový.

7. TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

7.1. STANOVENÍ POČTU OSOB

Počet osob v kabině výtahu se stanoví ze vzorce:

$$\frac{\text{nosnost}}{75} = \frac{Q}{75} = \frac{550}{75} = 7,333 = \mathbf{7 \text{ osob}} \quad [12] \quad (7.1)$$

Z tabulky 1.2 z normy ČSN EN 81-1+A3 je minimální užitná plocha v kleci pro 7 osob 1,31 m². Rozměry klece 0,8 x 1,58 m dávají užitnou plochu 1,48 m².

7.2. VOLBA PROTIZÁVAŽÍ

Protizávaží vyvažuje zcela hmotnost klece s příslušenstvím a část hmotnosti břemene (nosnosti). V mém případě je to 50% nosnosti.

7.2.1. Hmotnost nezatížené klece

Hmotnost nezatížené klece se vypočítá jako součet hmotnosti samotné klece a hmotnost příslušenství v kleci.

$$P = m_k + m_{pk} \quad [4] \quad (7.2)$$

$$P = 550 + 50$$

$$P = 600 \text{ kg}$$

7.2.2. Hmotnost protizávaží

Hmotnost protizávaží se skládá z hmotnosti nezatížené klece a 50% hmotnosti břemena.

$$Z = 0,5 \cdot Q + P \quad [4] \quad (7.3)$$

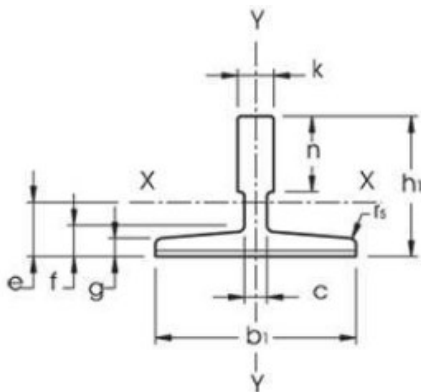
$$Z = 0,5 \cdot 550 + 600$$

$$Z = 875 \text{ kg}$$

Volím ocelové závaží o hmotnost 875 kg

7.3. VÝPOČET VODÍTEK

Volím si vodítko tvaru T strojově broušená. T 89x65x16



Obr. 7.1. Vodítko profilu T [16]

7.3.1. Zatěžovací síly

Síly působící na vodítko během normálního a speciálního provozu výtahu.

Vzpěrná síla způsobená klecí (při vybavení zachycovači)

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_N \cdot (P + Q)}{n} \quad [7] \quad (7.4)$$

$$F_k = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (600 + 550)}{2}$$

$$F_k = 11\,282\text{ N}$$



Obr. 7.2. Vzpěrná síla působící na vodítko [15]

k_1 ...součinitel rázu (z ČSN EN 81-1+A3, tabulka G2)

Zatížení prahu

Pro výtahy menší nosnosti než 2500 kg v obytných domech, správních budovách, hotelích, nemocnicích atd. se vypočítá zatížení prahu podle ČSN EN 81-1-A3

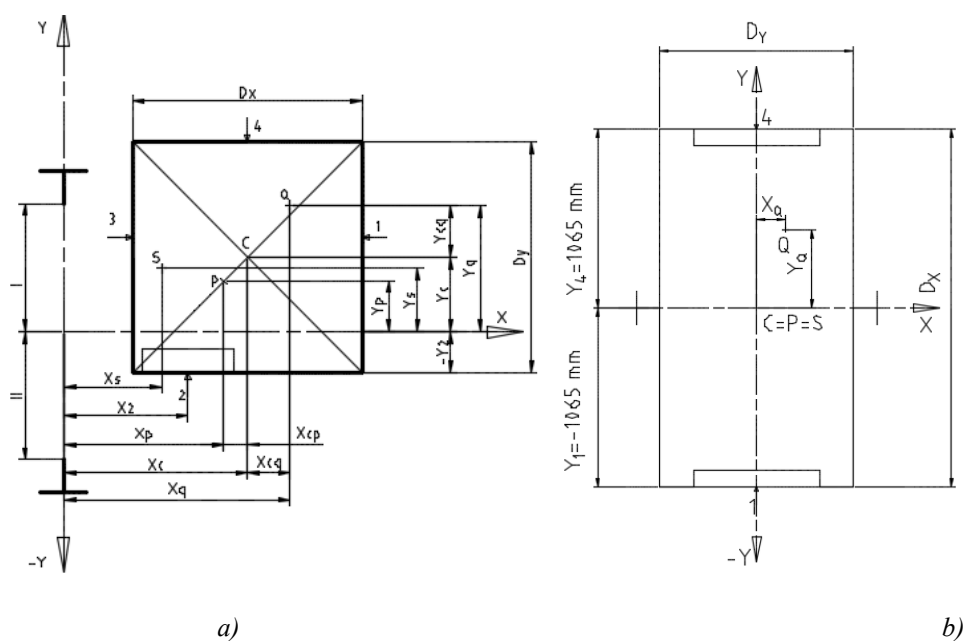
$$F_s = 0,4 \cdot g_N \cdot Q \quad [7] \quad (7.5)$$

$$F_s = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 550$$

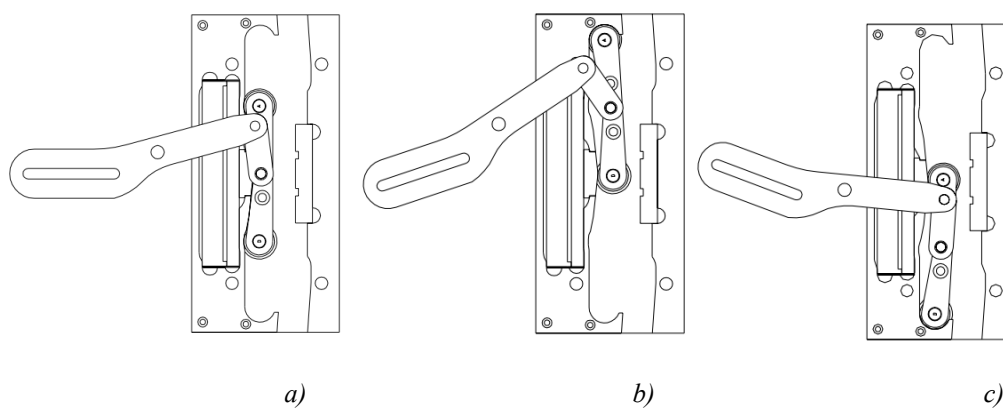
$$F_s = 2\,158\, \text{N}$$

7.3.2. Namáhání v ohybu-působení zachycovačů

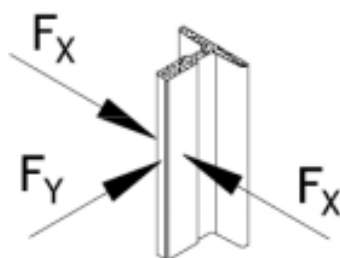
Síly, které způsobují ohyb vodítka při působení zachycovačů.



Obr. 7.3. Schématický náčrt polohy klece a vodítek: a) obecný, b) reálný



Obr. 7.4. Válečkový zachycovač: a) v klidové poloze, b) zachycení směrem dolů, c) zachycení směrem nahoru [17]



Obr. 7.5. Vodorovné síly působící na vodičko [15]

Namáhání na ohyb k ose Y vodička silami ve vodících čelistech

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_N \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad [7] \quad (7.6)$$

$$F_x = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (550 \cdot 0,23125 + 600 \cdot 0)}{2 \cdot 2,98}$$

$$F_x = 419 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} \quad [7] \quad (7.7)$$

$$M_y = \frac{3 \cdot 419 \cdot 3,025}{16}$$

$$M_y = 237 \text{ 651 Nmm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad [7] \quad (7.8)$$

$$\sigma_y = \frac{237\,651}{11\,800}$$

$$\sigma_y = 20,14 \text{ MPa}$$

Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_N \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad [7] \quad (7.9)$$

$$F_y = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (550 \cdot 0,1 + 600 \cdot 0)}{\frac{2}{2} \cdot 2,98}$$

$$F_y = 362,1 \text{ N}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} \quad [7] \quad (7.10)$$

$$M_x = \frac{3 \cdot 362,1 \cdot 3,025}{16}$$

$$M_x = 205\,378 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad [7] \quad (7.11)$$

$$\sigma_x = \frac{205\,378}{14\,250}$$

$$\sigma_x = 14,41 \text{ MPa}$$

7.3.3. Vzpěr

Štíhlostní poměr

Štíhlostní poměr je poměr mezi redukovanou délkou prutu, jejíž velikost je závislá na způsobu uchycení prutu k nejmenšímu poloměru setrvačnosti. Počítáme ho proto, abychom dostali hodnotu ω , kterou potřebujeme pro výpočet napětí ve vzpěru.

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} \quad [7] \quad (7.12)$$

$$\lambda = \frac{3\,025}{\sqrt{\frac{524\,000}{1\,570}}}$$

$$\lambda = 165,5$$

ω pro ocel s pevností v tahu $R_m = 370$ MPa a pro λ v rozmezí ($115 \leq \lambda \leq 250$) platí:

$$\omega = 0,000\,168\,87 \cdot \lambda^{2,00} \quad [7] \quad (7.13)$$

$$\omega = 0,000\,168\,87 \cdot 165,5^{2,00}$$

$$\omega = 4,624$$

Namáhání ve vzpěru

$$\sigma_K = \frac{(F_K + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} \quad [7] \quad (7.14)$$

$$\sigma_K = \frac{(11\,282 + 1 \cdot 0) \cdot 4,624}{1\,570}$$

$$\sigma_K = 33,23 \text{ MPa}$$

$k_3 \dots$ součinitel rázu (z ČSN EN 81-1+A3, tabulka G2) $k_3 = 1$

7.3.4. Kombinované namáhání ve vzpěru a ohybu

Namáhání na ohyb

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad [7] \quad (7.15)$$

$$\sigma_m = 14,14 + 20,14$$

$$\sigma_m = 34,28 \text{ MPa}$$

$\sigma_{DOV} = 205 \text{ MPa}$ (dovolené namáhání z ČSN EN 81-1+A3 z tabulky 10.1.2.1 tab. 4 pro působení zachycovačů, pro $R_m = 370$ MPa)

$$\sigma_m \leq \sigma_{Dov}$$

$$34,28 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Namáhání na ohyb a tlak

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} \quad [7] \quad (7.16)$$

$$\sigma = 34,28 + \frac{11\,282 + 1 \cdot 0}{1570}$$

$$\sigma = 41,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma \leq \sigma_{Dov}$$

$$41,46 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Namáhání na ohyb a vzpěr

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \quad [7] \quad (7.17)$$

$$\sigma_c = 33,23 + 0,9 \cdot 34,28$$

$$\sigma_c = 64,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c \leq \sigma_{Dov}$$

$$64,08 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.3.5. Ohyb příruby vodítka

$$\text{Pro profil T} \quad \sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \quad [7] \quad (7.18)$$

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 419}{10^2}$$

$$\sigma_F = 7,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_F \leq \sigma_{\text{Dov}}$$

$$7,75 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.3.6. Průhyb vodítka

Průhyb vodítek v různých osách vlivem působení zachycovačů výtahu.

Maximální průhyb vodítka v obou směrech je 5 mm bez působení zachycovačů.

Průhyb v ose Y

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad [7] \quad (7.19)$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{362,1 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 595,2 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_y = 1,169 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_{\text{Dov}} = 5 \text{ mm (z ČSN EN 81-1+A3 z 10.1.2.2)}$$

$$\delta_y = 1,169 \text{ mm}$$

$$\delta_y \leq \delta_{\text{Dov}}$$

$$1,169 \text{ mm} < 5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Průhyb v ose X

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad [7] \quad (7.20)$$

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{419 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 524 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_x = 2,689 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_x = 2,689 \text{ mm}$$

$$\delta_x \leq \delta_{\text{Dov}}$$

$$2,689 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.3.7. Normální provoz – jízda

Namáhání na ohyb v různých osách vodítka, namáhání na ohyb příruby vodítka a maximální průhyby vodítka při normálním provozu během jízdy klece (vyvažovacího závaží).

Namáhání v ohybu

Namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{xj} = \frac{k_2 \cdot g_N \cdot [Q \cdot (x_Q - x_S) + P \cdot (x_P - x_S)]}{n \cdot h} \quad [7] \quad (7.21)$$

$$F_{xj} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot [550 \cdot (0,23125 - 0) + 600 \cdot (0 - 0)]}{2 \cdot 2,98}$$

$$F_{xj} = 251,2 \text{ N}$$

$$M_{yj} = \frac{3 \cdot F_{xj} \cdot l}{16}$$

$$M_{yj} = \frac{3 \cdot 251,2 \cdot 3,025}{16} \quad [7] \quad (7.22)$$

$$M_{yj} = 142\,477 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{yj} = \frac{M_{yj}}{W_y} \quad [7] \quad (7.23)$$

$$\sigma_{yj} = \frac{142\,477}{11\,800}$$

$$\sigma_{yj} = 12,07 \text{ MPa}$$

Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{yj} = \frac{k_2 \cdot g_N \cdot [Q \cdot (y_Q - y_S) + P \cdot (y_P - y_S)]}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad [7] \quad (7.24)$$

$$F_{yj} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot [550 \cdot (0,1 - 0) + 600 \cdot (0 - 0)]}{\frac{2}{2} \cdot 2,98}$$

$$F_{yj} = 217,3 \text{ N}$$

$$M_{xj} = \frac{3 \cdot F_{yj} \cdot l}{16} \quad [7] \quad (7.25)$$

$$M_{xj} = \frac{3 \cdot 217,3 \cdot 3,025}{16}$$

$$M_{xj} = 123\,250 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{xj} = \frac{M_{xj}}{W_x} \quad [7] \quad (7.26)$$

$$\sigma_{xj} = \frac{123\,250}{14\,250}$$

$$\sigma_{xj} = 8,65 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání

$$\sigma_{mj} = \sigma_{xj} + \sigma_{yj} \quad [7] \quad (7.27)$$

$$\sigma_{mj} = 8,65 + 12,07$$

$$\sigma_{mj} = 20,72 \text{ MPa}$$

$\sigma_{DOV} = 165 \text{ MPa}$ (z ČSN EN 81-1+A3 z tabulky 10.1.2.1 tab. 4 pro normální provoz-nakládání do klece, pro $R_m = 370 \text{ MPa}$)

$$\sigma_{mj} \leq \sigma_{DOV}$$

$$20,75 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Ohyb příruby vodítka

Pro profil T $\sigma_{Fj} = \frac{1,85 \cdot F_{xj}}{c^2}$ [7] (7.28)

$$\sigma_{Fj} = \frac{1,85 \cdot 251,2}{10^2}$$

$$\sigma_{Fj} = 4,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Fj} \leq \sigma_{DOV}$$

$$4,65 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb vodítka v ose Y

$$\delta_{yj} = 0,7 \cdot \frac{F_{yj} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad [7] \quad (7.29)$$

$$\delta_{yj} = 0,7 \cdot \frac{217,3 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 595,2 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_{yj} = 7,018 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\delta_{yj} = 0,701 \text{ mm}$$

$$\delta_{DOV} = 5 \text{ mm} \text{ (z ČSN EN 81-1+A3 z 10.1.2.2)}$$

$$\delta_{yj} \leq \delta_{DOV}$$

$$0,701 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb vodítka v ose X

$$\delta_{xj} = 0,7 \cdot \frac{F_{xj} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad [7] \quad (7.30)$$

$$\delta_{xj} = 0,7 \cdot \frac{251,2 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 524 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_{xj} = 8,113 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\delta_{xj} = 0,811 \text{ mm}$$

$$\delta_{xj} \leq \delta_{\text{DOV}}$$

$$0,811 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.3.8. Normální provoz – NAKLÁDÁNÍ

Namáhání na ohyb v různých osách vodítka, namáhání na ohyb příruby vodítka a maximální průhyby vodítka při normálním provozu během nakládání do klece výtahu.

Namáhání na ohyb

$$x_i = 0 \text{ mm}$$

$$y_i = 1\,065 \text{ mm}$$

x_1 = nejnepříznivější poloha nakládání v ose X (poloha těžiště klecových dveří)

y_4 = nejnepříznivější poloha nakládání v ose Y (poloha těžiště klecových dveří)

Namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{xn} = \frac{P \cdot g_N \cdot (x_P - x_S) + F_S \cdot (x_i - x_S)}{n \cdot h} \quad [7] \quad (7.31)$$

$$F_{xn} = \frac{600 \cdot 9,81 \cdot (0 - 0) + 2\,158 \cdot (0 - 0)}{2 \cdot 2,98}$$

$$F_{xn} = 0 \text{ N}$$

$$M_{yn} = \frac{3 \cdot F_{xn} \cdot l}{16} \quad [7] \quad (7.32)$$

$$M_{yn} = \frac{3 \cdot 0 \cdot 3,025}{16}$$

$$\mathbf{M_{yn} = 0 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{yn} = \frac{M_{yn}}{W_y} \quad [7] \quad (7.33)$$

$$\sigma_{yn} = \frac{0}{11\,800}$$

$$\mathbf{\sigma_{yn} = 0 \text{ MPa}}$$

Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{yn} = \frac{P \cdot g_N \cdot (y_P - y_S) + F_S \cdot (y_i - y_S)}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad [7] \quad (7.34)$$

$$F_{yn} = \frac{600 \cdot 9,81 \cdot (0 - 0) + 2\,158 \cdot (1,065 - 0)}{\frac{2}{2} \cdot 2,98}$$

$$\mathbf{F_{yn} = 771 \text{ N}}$$

$$M_{xn} = \frac{3 \cdot F_{yn} \cdot l}{16} \quad [7] \quad (7.35)$$

$$M_{xn} = \frac{3 \cdot 771 \cdot 3,025}{16}$$

$$\mathbf{M_{xn} = 437\,301 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{xn} = \frac{M_{xn}}{W_x} \quad [7] \quad (7.36)$$

$$\sigma_{xn} = \frac{437\,301}{14\,250}$$

$$\mathbf{\sigma_{xn} = 30,69 \text{ MPa}}$$

Kombinované namáhání na ohyb

$$\sigma_{mn} = \sigma_{xn} + \sigma_{yn} \quad [7] \quad (7.37)$$

$$\sigma_{mn} = 30,69 + 0$$

$$\sigma_{mn} = 30,69 \text{ MPa}$$

$\sigma_{DOV} = 165 \text{ MPa}$ (z ČSN EN 81-1+A3 z tabulky 10.1.2.1 tab. 4 pro normální provoz-nakládání do klece, pro $R_m = 370 \text{ MPa}$)

$$\sigma_{mn} \leq \sigma_{DOV}$$

$$30,69 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kombinované namáhání na ohyb a tlak

$$\sigma_n = \sigma_{mn} + \frac{k_3 \cdot M}{A} \quad [7] \quad (7.38)$$

$$\sigma_n = 30,69 + \frac{1 \cdot 0}{0,00157}$$

$$\sigma_n = 30,69 \text{ MPa}$$

$k_3 \dots$ součinitel rázu (z ČSN EN 81-1+A3, tabulka G2) $k_3 = 1$

$\sigma_{DOV} = 165 \text{ MPa}$ (z ČSN EN 81-1+A3 z tabulky 10.1.2.1 tab. 4 pro normální provoz-nakládání do klece, pro $R_m = 370 \text{ MPa}$)

$$\sigma_n \leq \sigma_{DOV}$$

$$30,69 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb příruby vodítka

$$\text{Pro profil T} \quad \sigma_{Fn} = \frac{1,85 \cdot F_{xn}}{c^2} \quad [7] \quad (7.40)$$

$$\sigma_{Fn} = \frac{1,85 \cdot 0}{10^2}$$

$$\sigma_{Fn} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Fn} \leq \sigma_{Dov}$$

$$0 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb vodítka v ose Y

$$\delta_{yn} = 0,7 \cdot \frac{F_{yn} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad [7] \quad (7.41)$$

$$\delta_{yn} = 0,7 \cdot \frac{771 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 595,2 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_{yn} = 2,490 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_{yn} = 2,49 \text{ mm}$$

$$\delta_{Dov} = 5 \text{ mm (z ČSN EN 81-1+A3 z 10.1.2.2)}$$

$$\delta_{yn} \leq \delta_{Dov}$$

$$2,49 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb vodítka v ose X

$$\delta_{xn} = 0,7 \cdot \frac{F_{xn} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad [7] \quad (7.42)$$

$$\delta_{xn} = 0,7 \cdot \frac{0 \cdot 3,025^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 524 \cdot 10^{-9}}$$

$$\delta_{xn} = 0 \text{ m}$$

$$\delta_{xn} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{xn} \leq \delta_{Dov}$$

$$0 \text{ mm} < 5 \text{ mm}$$

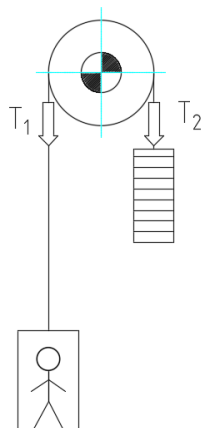
VYHOVUJE

8. KONTROLA TRAKCE

V této části výpočtu se kontroluje, jestli nedojde k prokluzu mezi ocelovým lanem výtahu a třecím kotoučem na výtahovém stroji. Tyto výpočty se provádí pro různé stavy výtahu.

8.1. NAKLÁDÁNÍ – plná klec dole

Klec musí zůstat stát ve stanici, bez prokluzu, je-li zatížena 125 % jmenovitého zatížení.



Obr. 8.1. .Zatěžující síly a lanování

8.1.1. Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky

$$c_{11} = \frac{g_n + a}{g_n - a} \quad [1] \quad (8.1)$$

$$c_{11} = \frac{9,81+1}{9,81-1}$$

$$c_{11} = 1,2270$$

8.1.2. Součinitel tření

Pro U drážku

$$f_U = \frac{4 \cdot \mu \cdot \left(\cos\left(\frac{\hat{\gamma}}{2}\right) - \sin\left(\frac{\hat{\beta}}{2}\right) \right)}{\pi - \hat{\beta} - \hat{\gamma} - \sin(\hat{\beta}) + \sin(\hat{\gamma})} \quad [7] \quad (8.2)$$

$$f_U = \frac{4 \cdot 0,1 \cdot \left(\cos\left(\frac{0,610}{2}\right) - \sin\left(\frac{1,570}{2}\right) \right)}{\pi - 1,570 - 0,610 - \sin(1,570) + \sin(0,610)}$$

$$\mathbf{f_U = 0,417}$$

8.1.3. Faktor tření

$$e^{f \cdot \hat{\alpha}} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = \mathbf{3,061} \quad [3] \quad (8.3)$$

8.1.4. Síla na straně klece

$$T_{1Npld} = \frac{g_n \cdot (1,25 \cdot Q + P + n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} \quad [3] \quad (8.4)$$

$$T_{1Npld} = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 550 + 600 + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5)}{1}$$

$$\mathbf{T_{1Npld} = 12\,982\,N}$$

8.1.5. Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npld} = \frac{g_n \cdot \left(P + \frac{Q}{2} \right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.5)$$

$$T_{2Npld} = \frac{9,81 \cdot \left(600 + \frac{550}{2} \right)}{1}$$

$$\mathbf{T_{2Npld} = 8\,584\,N}$$

8.1.6. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.6)$$

$$\frac{12\,982}{8\,584} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

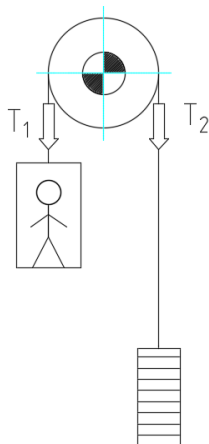
$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 1,855$$

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$1,855 < 3,061$$

VYHOVUJE

8.2. NAKLÁDÁNÍ – Plná klec nahoře



Obr. 8.2. Zatěžující síly a lanování

8.2.1. Síla na straně klece

$$T_{1Npln} = \frac{g_n \cdot (1,25 \cdot Q + P)}{i_k} \quad [3] \quad (8.7)$$

$$T_{1Npln} = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 550 + 600)}{1}$$

$$T_{1Npln} = 12\,619 \text{ N}$$

8.2.2. Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npln} = \frac{g_n \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H \right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.8)$$

$$T_{2Npln} = \frac{9,81 \cdot \left(600 + \frac{550}{2} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5 \right)}{1}$$

$$T_{2Npln} = 8\,936 \text{ N}$$

8.2.3. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npln}}{T_{2Npln}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.9)$$

$$\frac{12\,619}{8\,936} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

$$\frac{T_{1Npln}}{T_{2Npln}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 1,733$$

$$e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$\frac{T_{1Npln}}{T_{2Npln}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$1,733 < 3,061$$

VYHOVUJE

8.3. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Plná klec, směr dolů

Musí být zajištěno, že nouzové zabrzdění nezpůsobí větší zpomalení prázdné klece nebo klece zatížené jmenovitým zatížením, než je zpomalení nárazníkem.

8.3.1. Síla na straně klece

$$T_{1NZplsd} = \frac{(g_n + a) \cdot (P + Q + n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} \quad [3] \quad (8.10)$$

$$T_{1NZplsd} = \frac{(9,81 + 1) \cdot (600 + 550 + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5)}{1}$$

$$T_{1NZplsd} = 12\,431 \text{ N}$$

8.3.2. Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsd} = \frac{(g_n - a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2}\right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.11)$$

$$T_{2NZplsd} = \frac{(9,81 - 1) \cdot \left(600 + \frac{550}{2}\right)}{1}$$

$$T_{2NZplsd} = 7\,709 \text{ N}$$

8.3.3. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.12)$$

$$\frac{12\,431}{7\,709} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 2,978$$

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$2,978 < 3,061 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.4. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Plná klec, směr nahoru

8.4.1. Síla na straně klece

$$T_{1NZplsn} = \frac{(g_n - a) \cdot (P + Q)}{i_k} \quad [3] \quad (8.13)$$

$$T_{1NZplsn} = \frac{(9,81 - 1) \cdot (600 + 550)}{1}$$

$$T_{1NZplsn} = 10\,132 \text{ N}$$

8.4.2. Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsn} = \frac{(g_n + a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H\right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.14)$$

$$T_{2NZplsn} = \frac{(9,81+1) \cdot \left(600 + \frac{550}{2} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5\right)}{1}$$

$$T_{2NZplsn} = 9\,847 \text{ N}$$

8.4.3. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.15)$$

$$\frac{10\,132}{9\,847} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 1,262$$

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$1,262 < 3,061 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.5. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Prázdná klec, směr dolů

8.5.1. Síla na straně klece

$$T_{1NZprsd} = \frac{(g_n + a) \cdot (P + n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} \quad [3] \quad (8.16)$$

$$T_{1NZprsd} = \frac{(9,81+1) \cdot (600 + 6 + 0,21 \cdot 28,5)}{1}$$

$$T_{1NZprsd} = 6\,861 \text{ N}$$

8.5.2. Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZprsd} = \frac{(g_n - a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2}\right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.17)$$

$$T_{2NZprsd} = \frac{(9,81-1) \cdot \left(600 + \frac{550}{2}\right)}{1}$$

$$T_{2NZprsd} = 7\,709\text{ N}$$

8.5.3. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZprsd}}{T_{2NZprsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.18)$$

$$\frac{6\,861}{7\,709} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

$$\frac{T_{1NZprsd}}{T_{2NZprsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 1,092$$

$$\frac{T_{1NZprsd}}{T_{2NZprsd}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$1,092 < 3,061 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.6. NOUZOVÉ ZASTAVENÍ – Prázdná klec, směr nahoru

8.6.1. Síla na straně klece

$$T_{1NZprsn} = \frac{(g_n - a) \cdot P}{i_k} \quad [3] \quad (8.19)$$

$$T_{1NZprsn} = \frac{(9,81-1) \cdot 600}{1}$$

$$T_{1NZprsn} = 5\,286\text{ N}$$

8.6.2. Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZprsn} = \frac{(g_n + a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H\right)}{i_z} \quad [3] \quad (8.20)$$

$$T_{2NZprsn} = \frac{(9,81+1) \cdot \left(600 + \frac{550}{2} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5\right)}{1}$$

$$T_{2NZprsn} = 9\,847\text{ N}$$

8.6.3. Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZprsn}}{T_{2NZprsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [3] \quad (8.21)$$

$$\frac{5\,286}{9\,847} \cdot 1,2270 \cdot 1$$

$$\frac{T_{1NZprsn}}{T_{2NZprsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 = 0,685$$

$$\frac{T_{1NZprsn}}{T_{2NZprsn}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad e^{f \cdot \alpha} = e^{0,417 \cdot 2,682900} = 3,061$$

$$0,658 < 3,061$$

VYHOVUJE

T_{1Nplsd}	12 982 N
T_{2Nplsd}	8 584 N
$T_{1Nplsd} - T_{2Nplsd}$	4 398 N

$T_{1Nzplsn}$	10 132 N
$T_{2Nzplsn}$	9 847 N
$T_{1Nzplsn} - T_{2Nzplsn}$	285 N

T_{1Nplsn}	12 619 N
T_{2Nplsn}	8 936 N
$T_{1Nplsn} - T_{2Nplsn}$	3 683 N

$T_{1Nzprsd}$	6 861 N
$T_{2Nzprsd}$	7 709 N
$T_{1Nzprsd} - T_{2Nzprsd}$	-848 N

$T_{1Nzplsd}$	12 431 N
$T_{2Nzplsd}$	7 709 N
$T_{1Nzplsd} - T_{2Nzplsd}$	4 722 N

$T_{1Nzprsn}$	5 286 N
$T_{2Nzprsn}$	9 847 N
$T_{1Nzprsn} - T_{2Nzprsn}$	-4 561 N

Tab. 8.1. Přehled hodnot trakčních únosností

9. KONTROLA TLAKU V DRÁŽCE TŘECÍHO KOTOUČE

Kontrola tlaku v drážce třecího kotouče výtahového stroje se provádí proto, abychom zjistili tlak na kotouči a abychom mohli navrhnout vhodný třecí kotouč.

9.1. Minimální průměr třecího kotouče

Dle normy ČSN EN 81-1+A3 musí být všechny průměry třecích kotoučů, kladek a bubnů 40x větší, než je jmenovitý průměr lan, nezávisle na počtu pramenů.

$$D_{\min} = 40 \cdot d_l \quad [7] \quad (9.1)$$

$$D_{\min} = 40 \cdot 8$$

$$D_{\min} = 320 \text{ mm}$$

Volím průměr třecího kotouče 320 mm.

9.2. Dovolенý tlak v drážce třecího kotouče

$$p_{\text{DOV}} = \frac{12,5+4 \cdot v}{1+v} \quad [1] \quad (9.2)$$

$$p_{\text{DOV}} = \frac{12,5+4 \cdot 1}{1+1}$$

$$p_{\text{DOV}} = 8,25 \text{ MPa}$$

9.3. Tlak v drážce třecího kotouče (statická síla na straně klece na třecím kotouči, když je klec zatížena 100% nosností v dolní krajní stanici)

$$T = \frac{g_n \cdot (P+Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g_n \quad [4] \quad (9.3)$$

$$T = \frac{9,81 \cdot (600+550)}{1} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5 \cdot 9,81$$

$$T = 11\,633 \text{ N}$$

Pro U drážku

Zvolil jsem si U drážku s podřezáním.

$$p_U = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D_t} \cdot \frac{8 \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \beta - \sin(\beta)} \quad [7] \quad (9.4)$$

$$p_U = \frac{11\,633}{6 \cdot 0,008 \cdot 0,32} \cdot \frac{8 \cdot \cos\left(\frac{1,57}{2}\right)}{\pi - 1,57 - \sin(1,57)}$$

$$p_U = 3,923 \text{ MPa}$$

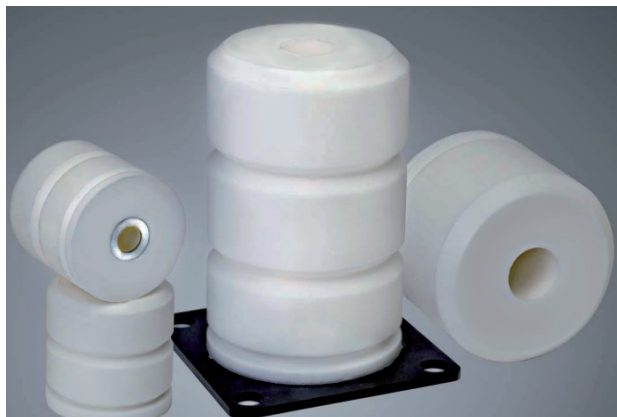
$$p_U \leq p_{\text{DOV}}$$

$$3,923 < 8,25 \quad \text{VYHOVUJE}$$

10. VÝPOČET NÁRAZNÍKU KABINY

Nárazník kabiny výtahu se vkládá do výtahové šachty do prohlubně, aby se klec výtahu mohla v nejnižší poloze opřít o něj. Nárazník bývá umístěn na ocelové konstrukci a má také funkci tlumící.

Volím počet nárazníků $n_{nk} = 1$



Obr. 10.1. PUR nárazník [19]

10.1. Kontrola nárazníku klece

V kontrole nárazníku se provádí srovnání statické síly působící na jeden nárazník a minimálních a maximálních zatížení nárazníku.

10.1.1. Statická síla působící na jeden nárazník

$$F_{snk} = \frac{(P+Q+n_l \cdot q_l \cdot H) \cdot g_n}{n_{nk}} \quad (10.1)$$

$$F_{snk} = \frac{(600+550+6 \cdot 0,21 \cdot 28,5) \cdot 9,81}{1}$$

$$F_{snk} = 11\,633 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad m_{snk} = \frac{F_{snk}}{g_n} = 1\,185,8 \text{ kg}$$

$$m_{snk} = 1\,185,8 \text{ kg}$$

10.1.2. Kontrola účinnosti nárazníku

$$m_{min} \leq m_{snk} \leq m_{max} \quad (10.2)$$

Hodnoty m_{min} a m_{max} jsou z katalogu firmy Wediss Tech s.r.o.. Pro rychlost $v = 1 \text{ m/s}$ je $m_{min} = 263 \text{ kg}$ a $m_{max} = 1\,486 \text{ kg}$

$$\underline{263 < 1\,185,8 < 1\,486 \quad \text{VYHOVUJE}}$$

10.1.3. Výpočet nárazníku kabiny

Volím počet nárazníků $n_{nk} = 1$, typu E2 o průměru 125 mm a výšce 100 mm. Od výrobce Wediss Tech s.r.o. o těchto parametrech vyčtených z katalogu výrobce:

$m_{min} = 263 \text{ kg}$ - minimální zatížení

$m_{max} = 1\,486 \text{ kg}$ - maximální zatížení

11. VÝPOČET NÁRAZNÍKU PROTIVÁHY

Nárazník vyvažovacího závaží výtahu se vkládá do výtahové šachty do prohlubně, aby se vyvažovací závaží výtahu mohlo v nejnižší poloze opřít o něj. Nárazník bývá umístěn na ocelové konstrukci nebo na podlaze prohlubně výtahové šachty a má také funkci tlumící.

11.1. Kontrola nárazníku protiváhy

V kontrole nárazníku se provádí srovnání statické síly působící na jeden nárazník a minimálních a maximálních zatížení nárazníku.

11.1.1. Statická síla působící na jeden nárazník

$$F_{snp} = \frac{\left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H\right) \cdot g_n}{n_{np}} \quad (11.1)$$

$$F_{snp} = \frac{\left(600 + \frac{550}{2} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5\right) \cdot 9,81}{1}$$

$$F_{snp} = 8\,936 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad m_{snp} = \frac{F_{snp}}{g_n} = 910,9 \text{ kg}$$

$$m_{snp} = 910,9 \text{ kg}$$

11.1.2. Kontrola účinnosti nárazníku

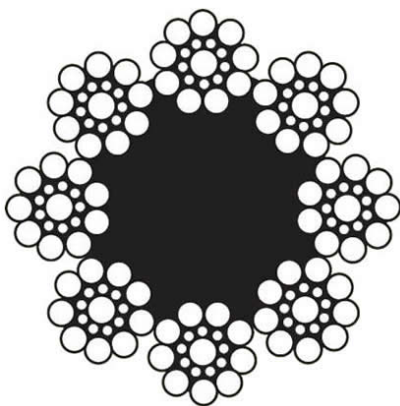
$$m_{\min} \leq m_{\text{snp}} \leq m_{\max} \quad (11.2)$$

Hodnoty m_{\min} a m_{\max} jsou z katalogu firmy Wediss Tech s.r.o.. Pro rychlost $v = 1 \text{ m/s}$ je $m_{\min} = 263 \text{ kg}$ a $m_{\max} = 1\,486 \text{ kg}$

$$263 < 910,9 < 1\,486 \quad \text{VYHOVUJE}$$

12. LANA

Lano je jedno z nejdůležitějších prvků elektrických výtahů a má nosnou funkci. Pro výtahy existují speciální lano. Dle normy ČSN EN 81-1+A3 se musí použít minimálně 2 ocelová lano a průměr musí být minimálně 8 mm. Při použití dvou lan na třecím kotouči je minimální součinitel bezpečnosti 16. Při použití tří a více lan je minimální součinitel bezpečnosti 12.



Obr. 12.1. Výtahové lano 8x19 Seal [20]

12.1. Parametry lana

Lano volím ocelové od firmy ELIS spol. s.r.o., **konstrukce SEAL 8x19S**, je to lano osmipramenné, **průměru 8 mm** o těchto parametrech:

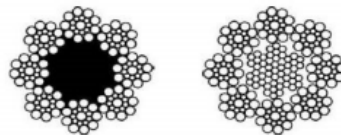
Třída pevnosti: **1 770**

Metrová hmotnost lana: **$q_l = 0,21 \text{ kg/m}$**

Minimální síla při přetržení: **$F_{\min} = 33,2 \text{ kN}$**

Ocelové lano 8x19S podle ČSN EN 12385

	FC	IWRC
Součinitel min.únosnosti:	0,293	0,356
Součinitel jmenovité délkové hmotnosti:	0,340	0,407
Součinitel jmenovité kovové plochy průřezu:	0,349	0,457



Konstrukce lana 1+9+9

Nominální průměr		Jmenovitá délková hmotnost		Jmenovitá kovová plocha průřezu		Minimální pevnost v tahu N/mm ²			
d	Tolerance průměru	FC	IWRC	FC	IWRC	1170		1960	
mm	%	kg/m		mm ²		kN		kN	
8	+5/0	0,218	0,260	22,34	29,25	33,19	40,33	36,75	44,66
9		0,275	0,330	28,27	37,02	42,01	51,04	46,52	56,52
10		0,340	0,407	34,90	45,70	51,86	63,01	57,43	69,78
11		0,411	0,492	42,23	55,30	62,75	76,24	69,49	84,43
12		0,490	0,586	50,26	65,81	74,68	90,74	82,70	100,48
13		0,575	0,688	58,98	77,23	87,65	106,49	97,05	117,92
14		0,666	0,798	68,40	89,57	101,65	123,50	112,56	136,76
16		0,870	1,042	89,34	116,99	132,76	161,31	147,02	178,63
18		1,102	1,319	113,08	148,07	168,03	204,16	186,07	226,07
20		1,360	1,628	139,60	182,80	207,44	252,05	229,71	279,10
22		1,646	1,970	168,92	221,19	251,01	304,98	277,95	337,72
24		1,958	2,344	201,02	263,23	298,72	362,95	330,79	401,91
26		2,298	2,751	235,92	308,93	350,58	425,96	388,21	471,69
28		2,666	3,191	273,62	358,29	406,59	494,01	450,24	547,04
30		3,060	3,663	314,10	411,30	466,75	567,11	516,85	627,98

FC - textilní duše

IWRC - ocelová duše (duši lana je samostatné lano)



ELIS spol. s r.o., Nábř. E.Beneše 24, Pířerov 751 62
tel: +420 581 702 590-2 fax: +420 581 702 593
www.ocelovalana.cz info@ocelovalana.cz

Obr. 12.2. . Ocelové lano 8x19S [21]

12.2. Zaručená nosnost lana

$$N_z = 0,75 \cdot F_{\min} \quad [14] \quad (12.1)$$

$$N_z = 0,75 \cdot 33\,200$$

$$N_z = 24\,900 \text{ N}$$

12.3. Dovolentý součinitel bezpečnosti lan

$K_{\text{DovI}} = 12$ - u pohonu s třecími kotouči se třemi nebo více nosnými lany (z ČSN EN 81-1+A3)

12.4. Stanovení součinitele bezpečnosti nosných lan

$$K_l = \frac{N_z \cdot n_l}{\frac{g_n \cdot (P+Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g_n} \quad [7] \quad (12.2)$$

$$K_l = \frac{24 \cdot 900 \cdot 6}{\frac{9,81 \cdot (600+550)}{1} + 6 \cdot 0,21 \cdot 28,5 \cdot 9,81}$$

$$K_l = 12,84$$

$$K_l \geq K_{Dovl}$$

$$12,84 > 12 \quad \text{VYHOVUJE}$$

12.5. Ekvivalentní počet hnacích kotoučů

$$N_{\text{equiv}(t)} = 1 \quad \text{z ČSN EN 81 – 1 – A3 pro polokruhovou drážku se zářezem}$$

12.6. Ekvivalentní počet lanových kladek

12.6.1. Poměr průměrů třecího kotouče a kladky

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 \quad [7] \quad (12.3)$$

$$K_p = \left(\frac{0,32}{0,32} \right)^4$$

$$K_p = 1$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \quad [7] \quad (12.4)$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = 1 \cdot (1 + 4 \cdot 0)$$

$$N_{\text{equiv}(p)} = 1$$

12.7. Ekvivalentní počet odkláněcích kladek

$$N_{\text{equiv}} = N_{\text{equiv}(t)} + N_{\text{equiv}(p)} \quad [7] \quad (12.5)$$

$$N_{\text{equiv}} = 1 + 1$$

$$N_{\text{equiv}} = 2$$

12.8. Minimální součinitel bezpečnosti lan

$$K_{\min} = \left[2,6834 - \frac{\log\left(\frac{698,85 \cdot 10^6 \cdot N_{\text{equiv}}}{\left(\frac{D_t}{d_l}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{D_t}{d_l}\right)^{-2,894}\right)} \right] \cdot 10 \quad [7] \quad (12.6)$$

$$K_{\min} = \left[2,6834 - \frac{\log\left(\frac{698,85 \cdot 10^6 \cdot 2}{\left(\frac{0,32}{0,008}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{0,32}{0,008}\right)^{-2,894}\right)} \right] \cdot 10$$

$$K_{\min} = 10,17$$

$$K_{\min} \leq K_l$$

$$10,17 < 12,84 \quad \text{VYHOVUJE}$$

13. VÝPOČET A VOLBA VÝTAHOVÉHO STROJE

Tato kapitola výpočtů se věnuje výpočtu výkonu výtahové stroje, díky kterému pak z katalogů zvolíme vhodný motor. Mimo jiné také počítám tahy v nejnepříznivějších polohách, abych mohl určit točivý moment výtahového stroje.

13.1. Potřebný příkon výtahového stroje

Pro výpočet výkonu elektromotoru musíme znát několik účinností:

$$\eta_{\text{šachty}} = 0,85 \quad - \text{účinnost šachty}$$

$$\eta_{\text{stroje}} = 0,9 \quad - \text{účinnost stroje}$$

$$\eta_{\text{fr.m.}} = 0,95 \quad - \text{účinnost frekvenčního měniče}$$

$$P_p = \frac{P_{\text{mech}}}{\eta_c} = \frac{\frac{Q}{2} g n \cdot v}{\eta_{\text{šachty}} \cdot \eta_{\text{stroje}} \cdot \eta_{\text{fr.m.}} \cdot 1000} \quad [13] \quad (13.1)$$

$$P_p = \frac{\frac{550}{2} \cdot 9,81 \cdot 1}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1000}$$

$$P_p = 3,71 \text{ kW}$$

13.2. Rozdíl tahů v nejnepríznivější poloze (Nouzové zastavení - plná klec, směr dolů)

$$T_{\text{max}} = T_{1\text{NZplsd}} - T_{2\text{NZplsd}} \quad [13] \quad (13.2)$$

$$T_{\text{max}} = 12\,431 - 7\,709$$

$$T_{\text{max}} = 4\,722 \text{ N}$$

13.3. Točivý moment

$$M_k = T_{\text{max}} \cdot \frac{D_t}{2} \quad [13] \quad (13.3)$$

$$M_k = 4\,722 \cdot \frac{0,32}{2}$$

$$M_k = 755,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Volím pohon s bezpřevodovým synchronním motorem Dynatech Tornado series D-360 750-A-32-4WR-10 (o jmenovitém výkonu 6,49 kW a jmenovitém momentu 800 Nm), dodaný firmou Dynatech s.r.o.

Model	Lanování	Tr. Kolo (mm)	Nosnost (kg)	Jmenovitý moment (Nm)	Max. moment (Nm)	Ø lana (mm)	Rychlost (m/s)	Účinnost	Příkon (kW)
D-360	1:01	320	1000	800	1350	8	1	0,77	6,49

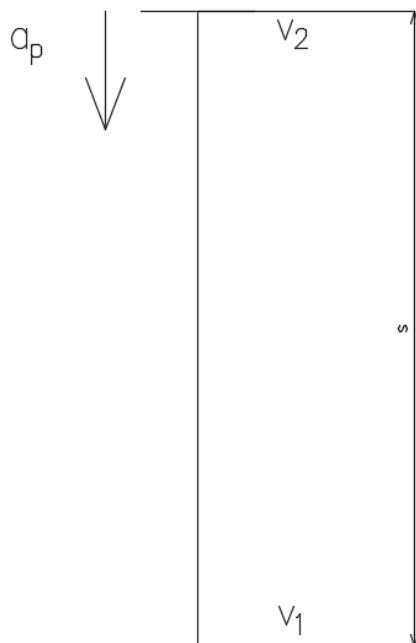
Tabulka 13.1 Parametry výtahového stroje



Obr. 13.1. Výtahový stroj Dynatech Tornado [22]

13.4. Maximální a minimální zpomalení klece

U klouzavých zachycovačů musí být střední zpomalení klece zatížené jmenovitým zatížením mezi $0,2 \cdot g_n$ až $1 \cdot g_n$. [7]. U samosvorných zachycovačů volím zpomalení klece mezi $0,2 \cdot g_n$ až $1 \cdot g_n$.



Obr. 13.2. Schéma působení zrychlení

$$\mathbf{a_p = 0,2 \cdot g_n}$$

$$v_2 = 1,15 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = v_1 + a_p \cdot t \Rightarrow t$$

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a_p} \quad (13.4)$$

$$t = \frac{1,15 - 0}{0,2 \cdot 9,81}$$

$$\mathbf{t = 0,85 \text{ s}}$$

$$s = v_2 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_p \cdot t^2 \quad (13.5)$$

$$s = 1,15 \cdot 0,58 + \frac{1}{2} \cdot (0,2 \cdot 9,81) \cdot 0,58^2$$

$$\mathbf{s = 0,99 \text{ m}}$$

Při přetížení klece 0,2·g zastaví klec výtahu za 0,58 sekund a na dráze dlouhé 0,99 m.

$$\mathbf{a_p = 1 \cdot g_n}$$

$$v_2 = 1,15 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = v_1 + a_p \cdot t \Rightarrow t$$

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a_p} \quad (13.6)$$

$$t = \frac{1,15 - 0}{1 \cdot 9,81}$$

$$\mathbf{t = 0,11 \text{ s}}$$

$$s = v_2 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_p \cdot t^2 \quad (13.7)$$

$$s = 1,15 \cdot 0,11 + \frac{1}{2} \cdot (1 \cdot 9,81) \cdot 0,11^2$$

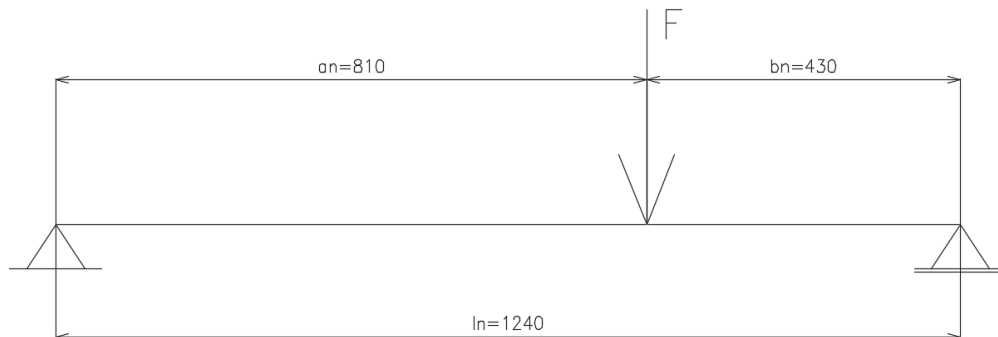
$$\mathbf{s = 0,18 \text{ m}}$$

Při přetížení klece výtahu $1 \cdot g$ zastaví klec výtahu za 0,11 sekund a na dráze dlouhé 0,18 m.

V normě ČSN EN 81-1+A3 se nepíší doporučené hodnoty pro zpomalení samosvorných zachycovačů, proto jsem zvolil hodnoty zpomalení mezi $0,2 \cdot g_n$ až $1 \cdot g_n$.

14. STATICKÉ VÝPOČTY

14.1. Výpočet průhybu nosníku pod výtahovým strojem



Obr. 14.1. Zatížení nosníku výtahovým strojem

Profil U 140

$$a_n = 810 \text{ mm}$$

$$b_n = 430 \text{ mm}$$

$$l_n = 1240 \text{ mm}$$

$$I_{xn} = 605 \text{ cm}^4$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$i = 2$$

Výpočet síly působící na nosníky

$$F = m \cdot g_n$$

$$m = (m_m + m_p + m_Q) \quad (14.1)$$

$$m = (360 + 875 + 1150)$$

$$m = 2\,385 \text{ kg}$$

$$F = 2\,385 \cdot 9,81$$

$$F = 23\,396 \text{ N}$$

Průhyb

$$y = \frac{\left(\frac{F \cdot a \cdot b}{27 \cdot E \cdot I_x \cdot l} \cdot \sqrt{3 \cdot a \cdot (l+b)^3} \right)}{i} \quad [23] \quad (14.2)$$

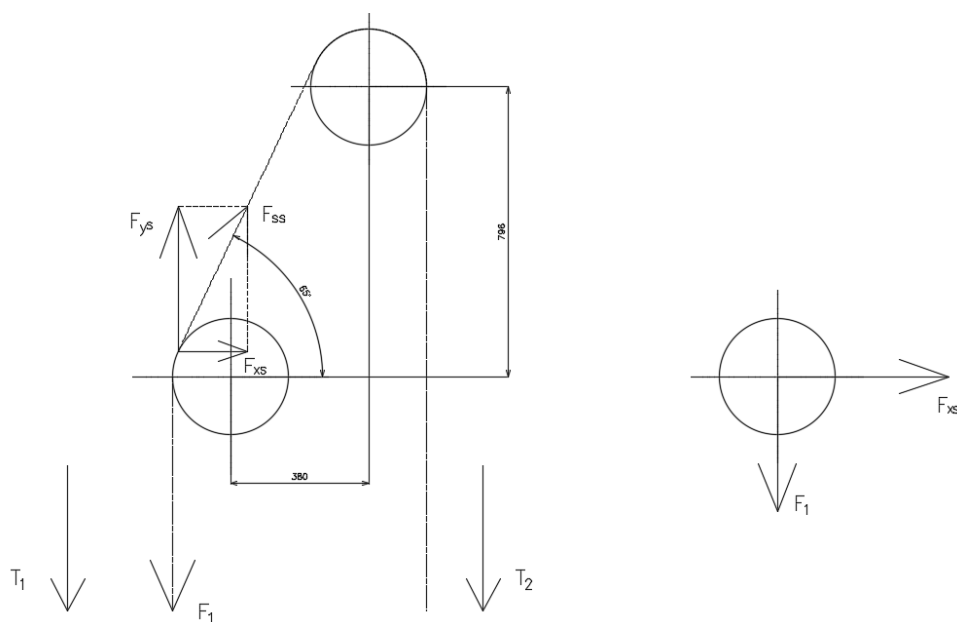
$$y = \frac{\left(\frac{23\,396 \cdot 0,81 \cdot 0,43}{27 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 605 \cdot 10^{-8} \cdot 1,24} \cdot \sqrt{3 \cdot 0,81 \cdot (1,24 + 0,43)^3} \right)}{2}$$

$$y = 3,222 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$y = \mathbf{0,322 \text{ mm}}$$

Průhyb nosníku U činí **0,3 mm**, což je velmi malý průhyb.

14.2. Výpočet šroubů uchycení odváděcí kladky



Obr. 14.2. Síly působící na odváděcí kladku

Výpočet vychází z nejnepříznivější situace, což je Nouzové zastavení – plná klec, směr dolů.

$$T_{1NZplsd} = \mathbf{12\,431\,N} \Rightarrow \mathbf{F}$$

$$T_{2Npln} = 7\,709\,N$$

Počet šroubů, který drží odváděcí kladku, je $\mathbf{n = 4}$

Volím šrouby pevnostní třídy 8.8 => $R_m = 8 \cdot 100 = \mathbf{800\,MPa}$

$$R_e = 8 \cdot 8 \cdot 10 = \mathbf{640\,MPa}$$

c_{II} – dovolené napětí při míjivém zatížení pro oceli 11 343 až 11 500 je **0,85** [24]

c_{III} – dovolené napětí při střídavém zatížení pro oceli 11 343 až 11 500 je **0,65** [24]

Volím bezpečnost šroubu $\mathbf{k = 2}$

$$F_{xs} = F_{ss} \cdot \cos \alpha_s \tag{14.3}$$

$$F_{xs} = 12\,431 \cdot \cos 65^\circ$$

$$\mathbf{F_{xs} = 5\,253\,N}$$

$$F_{ys} = F_{ss} \cdot \sin \alpha_s \tag{14.4}$$

$$F_{ys} = 12\,431 \cdot \sin 65^\circ$$

$$\mathbf{F_{ys} = 11\,266\,N}$$

$$F_1 = F_{ss} - F_{ys} \tag{14.5}$$

$$F_1 = 12\,431 - 11\,266$$

$$\mathbf{F_1 = 1\,165\,N}$$

Dovolené napětí ve smyku

$$\tau_{DS} = \frac{R_e}{k} \cdot c_{II} \cdot c_{III} \quad [25] \quad (14.6)$$

$$\tau_{DS} = \frac{640}{2} \cdot 0,85 \cdot 0,65$$

$$\tau_{DS} = 176,8 \text{ MPa}$$

Ze základní pevnostní rovnice na smyk určím minimální průměr závitu šroubu d_3

$$\tau_s = \frac{F}{S \cdot n} \geq \tau_{DS} \Rightarrow S = \frac{F}{n \cdot \tau_{DS}}$$

$$S = \frac{F}{\tau_{DS} \cdot n} \quad (14.7)$$

$$S = \frac{5\,253}{176,8 \cdot 4}$$

$$S = 7,427 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \Rightarrow d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (14.8)$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,427}{\pi}}$$

$$d_3 = 3,075 \text{ mm}$$

Ze strojírenských tabulek určím podle d_3 průměr metrického šroubu. Beru nejbližší vyšší a běžnou řadu.

Podle strojírenských tabulek vyšel šroub se závitem M3 (x0,7), ale **volím** šroub **M 12. 8.8**

15. ZÁVĚR

Předložená diplomová práce se zabývá návrhem osobního výtahu, především pohonu tohoto výtahu. V rámci vypracování diplomové práce byl stanoven cíl navrhnout vhodnou variantu pohonu výtahu tak, aby navržené řešení splňovalo všechna potřebná kritéria pro bezpečný provoz osobního výtahu a řešení bylo odpovídající trendům dnešní doby ve výtahovém průmyslu. Vstupními parametry byl počet nástupišť, dopravní rychlost, průchozí kabina výtahu a další.

V úvodní části své práce se věnuji stručnému popisu historie a rozdělení výtahů. Dále následuje popis jednotlivých částí elektrického výtahu, na který navazují varianty vhodného řešení pohonu osobního výtahu. Zvažoval jsem tři varianty řešení a vybral jsem pohon osobního výtahu výtahovým strojem bezpřevodovým. Tato varianta se jeví jako nejlepší řešení z několika důvodů. Varianta bezpřevodového pohonu výtahu má nižší spotřebu elektrické energie, nižší hladinu hluku a vibrací a vyšší účinnost než konvenční řešení s motorem a převodovkou. Tyto klady bezpřevodového výtahového stroje jsou ovšem podmíněny vyšší pořizovací cenou.

Ve výpočtové části jsem udělal potřebné kapacitní výpočty, které mi nařizuje norma ČSN EN 81-1+A3 a další. V této části je zahrnut výpočet vodítek jak pro běžnou jízdu, tak i pro nakládání do výtahu. Následuje kontrola trakce výtahu, která nám musí zaručit, že nebude docházet k prokluzu nosných lan na hnacím kotouči výtahového stroje, protože prokluz mezi lanem a kotoučem značně opotřebuje nosné prvky osobního výtahu a zvyšuje se tak riziko nehody. Kontrola trakce je provedena pro šest mezních stavů, z čehož čtyři mezní stavy jsou nouzové, což znamená, že při těchto stavech jsou vybaveny zachycovače. Na konci výpočtové části je proveden statický výpočet nosníků roštu výtahového stroje na průhyb a kontrola šroubu uchycení odváděcí kladky na smyk. Všechny výpočty naplnily výše uvedené normy.

Součástí této diplomové práce je i příslušná výkresová dokumentace popisující konstrukci osobního výtahu s důrazem na výtahový stroj.

16. ZDROJE

Použitá literatura

- [1] POLÁK, J., SLÍVA, A. Dopravní a manipulační zařízení III. Ostrava: Editační středisko VŠB-TU Ostrava, 2010. 137s.
- [2] HRABOVSKÝ, L., PAVLISKA, J. Dopravní a manipulační zařízení IV. Ostrava: Editační středisko VŠB-TU Ostrava, 2004. 133s.
- [3] DOLEŽAL, J., JANOVSKEÝ, L. Výtahy a eskalátory (Technický průvodce 55). 1 vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980. 695 s.
- [4] BALCAR, O., Výtahy osobní a nákladní s elektrickým pohonem. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. 348 s.
- [5] JANOVSKEÝ, L., Výtahy a eskalátory I. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1973. 210 s.
- [6] JANOVSKEÝ, L., Výtahy a eskalátory II. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1974. 170 s
- [24] LEINVEBER, Jan., VÁVRA, Pavel,. Strojnické tabulky, čtvrté doplňkové vydání Praha: Vydavatelství ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2008, 913 s.

Normy

- [7] Norma ČSN EN 81-1+A3 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 176 s.
- [8] Norma ČSN EN 81-21+A1 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů- Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladu (Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladu v existujících budovách), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 32 s.
- [9] Norma ČSN 27 47002 Bezpečnostní předpisy pro výtahy- Provoz a servis výtahů), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 44 s.

- [10] Norma ČSN ISO 7465 Osobní a malé nákladní výtahy – Vodítka klecí a vyvažovacích závaží typu T), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 209, 20 s.
- [11] Norma ČSN EN 12385-5 Ocelová drátěná lana- Bezpečnost (Část 5: Pramenná lana pro výtahy), Praha: Český normalizační institut, 2004, 20 s.
- [12] Norma ČSN ISO 4344 Ocelová lana pro elektrické výtahy, Praha: : Český normalizační institut, 1993, 8 s.

Internetové zdroje

- [13] TZB – info. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://vytahy.tzb-info.cz/provoz-a-servis/6667-energeticka-ucinnost-vytahovych-komponentu>
- [14] Tomáš Stáněk. [online]. 2008 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6677
- [15] Jiří Synáč. [online]. 2014 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/12489/Bakalarska%20prace_Jiri%20Synac.pdf?sequence=1
- [16] LIFT SERVIS s.r.o.. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.liftservis.eu/soubory_zbozi/20_1.pdf
- [18] GLOBAL elevators s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.globalelevators.cz/produkty/bezp_komponenty
- [19] WEDISS TECH s.r.o.. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.wediss.com/katalogy/WEDISS-Narazniky-pro-vytahy-polyuretanove.pdf>
- [20] FRATI SUPRIMENTOS INDUSTIAS LTDA. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.fрати.com.br/en/products/wire-ropes/>
- [21] ELIS spol. s.r.o.. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.ocelovalana.cz/obrazky/ocelovalana/8x19S.pdf>
- [22] Dynatech-elevation.com.. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.dynatech-elevation.com/tornado_gearless_en_75.htm

- [23] Deformace nosníku konstantního průřezu. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10].
Dostupné z:
<http://mech.fd.cvut.cz/members/vycichl/download/deformaceprostehonosnikukonstantnihoprurezu.pdf>
- [25] Dimenzování šroubových spojů. [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z:
sps.watzke.cz/dl/mat/sps/03_dimenzovani_sroubovych_spoju.odt